หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

หนังสือ

กฤษณา ชุติมา. หลักเคมีทั่วไป. พระนคร : ศึกษาสัมพันธ์, 2519.

คณะนิสิตปริญญาโท เทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. เทคโนโลยีทางการศึกษา สื่อการสอน และนวกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพ : เจริญวิทยการพิมพ์, 2518.

จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์. แผนกวิชาเคมี. เคมีทั่วไป เล่ม 1. พระนคร : จงเจริญการพิมพ์, 2520.

เตือนใจ ทองสำริต. บทเรียนสำเร็จรูป. แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2515.

จำเนียร ช่วงโชติ และคณะ. จิตวิทยาการเรียนรู้. พระนคร : โรงพิมพ์การศาสนา, 2515.

ชวาล แพรัตกุล. เทคนิคการวัดผล. พิมพ์ครั้งที่ 4. พระนคร : ไทยวัฒนาพานิช, 2509.

นิพนธ์ ศุขปรีดี. นวกรรมเทคโนโลยีทางการศึกษา. พระนคร : พิฆเณศ, 2519.

เปรื่อง กุมุท. เทคนิคการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรม. พระนคร : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2519.

ประหยัด จิระวรพงศ์. เทคโนโลยีทางการสอน. กรุงเทพ : แสงศิลป์การพิมพ์, 2520.

ประกอง กรรณสูต. สถิติประยุกต์สำหรับครู. พระนคร : ไทยวัฒนาพานิช, 2517.

ไพโรจน์ ใจเบา. คู่มือการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรม. พระนคร : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2520.

ยุพิน พิพิธกุล. การสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร : กรุงเทพการพิมพ์, 2519.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. กรมวิชาการ. คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 3 ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย. พระนคร : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2519.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. กรมวิชาการ. แบบเรียนวิชาเคมี เล่ม 3 ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย. พระนคร : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2519.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. กรมวิชาการ. ประมวลบทความเกี่ยวกับนวกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา. พระนคร : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2517.

สุวัฒน์ นิยมค้า. การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. พระนคร : วัฒนาพานิช, 2517.

บทความ

นิดา สะเพียรชัย. "ปรัชญาและความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ใน ข่าวสาร-สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, หน้า 6–7. พระนคร : โรง-พิมพ์การศาสนา, 2520.

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์. "บทเรียนสำเร็จรูป." วิทยาสาร 38 (15 ตุลาคม 2519) : 14–17; 39 (22 ตุลาคม 2519) : 20–22.

ประทีป สยามชัย. "บทเรียนสำเร็จรูป." ใน ชุมทางวิชาการ รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 1 กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, หน้า 225–232. พระนคร : สหกรณ์ชายส่ง, 2510.

เอกสารอื่นๆ

กอบกุล รัตนสุวรรณ. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การขับถ่าย สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

ไชศรี วิรุฬห์จรรยา. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจัดจำพวกพืช สำหรับระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. "ความหมายของบทเรียนแบบโปรแกรม." ใน กำบรรยายวิชา Programmed Instruction. แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคต้น ปีการศึกษา 2516.

ถุงเงิน ปานสำลี. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาแสงในระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2519.

ทวีพร เนียมมาลัย. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิชาเคมี ในระดับชั้น ปก.ศ. โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2518.

ทัศนีย์ ศรีเพ็ชรพันธุ์. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง การสังเคราะห์แสง สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

ทองศุข พงศทัต และคณะ. เคมีทั่วไป 1. ตำราประกอบการเรียนวิชาเคมี มหาวิทยาลัยรามคำแหง. [ม.ป.ท., ม.ป.ป.]

นนท์ อินทรเทพ. "การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา ระหว่างแบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2519.

นภาพร ภมรบุตร. "บทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง กรรมพันธุ์ตามหลักของเมนเดล สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518.

บรรชา รัตนวัย. "การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมี ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2516.

บังอร ไชยานุวัติวงษ์. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง สสาร สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2520.

ประไพรัตน์ ศิริศรีษรชัย. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง เปลือกโลก สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2517.

ปรีดา เพชรมีศรี. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในบางหัวข้อ โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2518.

ยคุงยศ ดวงมาลา. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจัดจำพวกสัตว์สำหรับระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2519.

พวงเพ็ญ ทองลงยา. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การย่อยอาหาร (Digestion) สำหรับระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2519.

ลัดดาวัลย์ พรศรีสมุทร. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง กรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2517.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง รา สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

วิวัฒน์ วัชรหิรัญ. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทัศนอุปกรณ์อย่างง่าย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2519.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. คณะกรรมการประสานงานการวิจัยการศึกษา. บทคัดย่องานวิจัยการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ. (เอกสารอัดสำเนา), 2513.

สุชน ช่วยเกิด. "การเปรียบเทียบผลการสอนวิชาเคมี 1 บางหัวข้อ ในระดับชั้น ปก.ศ. สูง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2518.

สุนันท์ ปัทมาคม. บทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง การสร้างและการเขียนโปรแกรมการสอน. แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (เอกสารอัดสำเนา), 2517.

_____. "การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม." เอกสารประกอบการเรียนวิชา Programmed Instruction แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

_____. "การสอนแบบโปรแกรม." เอกสารประกอบการเรียนวิชา Programmed Instruction แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

สุภาภรณ์ เลิศลักขณวงศ์. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การลำเลียงสารในสิ่งที่มีชีวิต สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

อรรณพ บุญนอม. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟและเชื้อเพลิง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2518.

อารีย์ โพธิ์พัฒนชัย. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแบ่งเซลแบบไมโตซิส สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

Books

Adams, Georgia Sachs. Measurement and Evaluation in Education, Psychology and Guidance. New York : Holt Rinehart and Winston, 1966.

Callender, Pateicia. Programmed Learning : Its Development and Structure. London : Longman, 1969.

Croxton, Frederick E., and Cowden, Dudley J. Applied General Statistics. 2d ed. New Delhi : Prentice-Hall of India, 1964.

Deterline, William A. An Introduction to Programmed Instruction. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1962.

Fan, Chung Teh. Item Analysis Table. Princeton New Jersey : Education Testing Service. 1952.

Fry, Edward B. Teaching Machines and Programmed Instruction. New York: McGraw-Hill Book Company, 1963.

Krishnamurthy,V. "Styles in Programming." in A Handbook of Programmed Learning. Edited by I.J. Patel and others. Indian Association for Programmed Learning Baroda-2. Gamdi-Anand, Gujarat State: Anand Press, [n.d.]

Leith, G.O.M. A Handbook of Programmed Learning. Edited by Andrew M. Wilkinson. Great Britain : Robert Cunningham and Sons, 1966.

Renner, John W., and Stafford, Don W. Teaching Science in the Secondary School. New York : Harper & Row Publication, 1972.

Schramm, Wilbur. Programmed Instruction Today and Tomorrow. New York: Fund for the Advancement of Education, 1962.

Stolurow, Lawrence M. Teaching by Machine. Washington: United States Government Printing Office, 1961.

Taber, Julian I.; Glaser, Robert; and Schaefer, Halmuth H. Learning and Programmed Instruction. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1965.

Tisher, R.P.; Power, C.N.; and Endean, L. Fundamental Issues in Science Education. Sydney: John Wiley & Sons Australia, 1972.

Articles

Bockman, David C. "The Effectiveness of Programmed Instruction Versus the Lecture-Discussion Method of Teaching Basic Metallurgical Concepts." Dissertation Abstracts 32 (October, 1971): 1893-A.

Day, Jesse H. "Teaching Machines." Journal of Chemistry Education 36 (1959) : 591-595.

Dutton, Sherman S. "An Experimental Study in the Programming of Science Instruction for the Fourth Grade." Dissertation Abstracts 24 (December, 1963):2382-A.

Emling, Robert C. "An Evaluation of the Use of Programmed Instruction at Six Dental Schools." Dissertation Abstracts 36(September, 1975): 1378-A.

Francis, George H. "An Experimental Study of the Effectiveness of Self-Instruction versus the Lecture-Demonstration Method of Teaching Selected Phases of Electricity." Dissertation Abstracts 27 (April, 1967): 3338-A.

Moriber, George. "The Effects of Programmed Instruction in a College Physical Science Course for Nonscience Students." Journal of Research in Science Teaching 6(1969): 214-216.

Parker, Gary E. "The Relationship of Programmed Instruction to Test and Discussion Performance Among Beginning College Biology Students." Dissertation Abstracts 34 (February, 1974): 4914-A.

Portnoy, Alan L. "Programmed Instruction Techniques VS Standard Lecture-Demonstration Procedures in the Teaching of Liver and Muscle Enzymes in Clinical Pathology." Dissertation Abstracts 31 (November, 1970) : 2208-A.

Powell, Virginia P. "Programmed Instruction in High School Chemistry." Journal of Chemistry Education 40 (1963):23-24.

Sacerdote, Luciana. "Evaluation of Programmed Instruction." Journal of Chemistry Education 39(1962): 390.

Sakmyser, Daine D. "Comparison of Inductive and Deductive Programmed Instruction on Chemical Equilibrium for High School Chemistry Students." Journal of Research in Science Teaching 11(1974): 67-77.

Strickland, Winfred Randolph. "A Comparison of a Programmed Course and a Traditional Lecture Course in General Biology." Dissertation Abstracts 32 (November, 1971) : 2510 - A.

Waine, Sidney I. "The Effectiveness of a Programmed Textbook in Teaching Selected Chemistry Topics to High School Introductory Biology Students." Dissertation Abstracts 31(March, 1971): 4637-A.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุดประสงค์ทั่วไป และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" ที่กำหนดขึ้น มีดังนี้

1. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอิออน และอิเลกโตรไลต์ เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

1.1 อธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ ได้อย่างถูกต้อง

ก. อิออน (ก. 1–9)

ข. อิเลกโตรไลต์ (ก. 10–14 และ ก. 19)

ค. อิเลกโตรไลต์แก่ (ก. 15, 16, 19)

ง. อิเลกโตรไลต์อ่อน (ก. 15, 17, 19)

จ. นอนอิเลกโตรไลต์ (ก. 18–19)

1.2 จำแนกได้อย่างถูกต้องว่า สัญญลักษณ์ใดเป็นธาตุหรืออิออน เมื่อกำหนดสัญญาลักษณ์ของธาตุและอิออนให้ (ก. 8)

2. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ เลขออกซิเดชัน และปฏิกิริยารีดอกซ์ เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

2.1 อธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ ได้อย่างถูกต้อง (ก. 20–29)

ก. เลขออกซิเดชัน

ข. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ค. ปฏิกิริยารีดักชัน

ง. ตัวออกซิไดส์

จ. ตัวรีดิวส์

2.2 คำนวณหาค่าของเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบหรืออิออนได้อย่างถูกต้อง (ก. 30–44) (แบบสอบข้อ 1)

2.3 สรุปได้อย่างถูกต้องว่า ค่าเลขออกซิเดชันของธาตุชนิดเดียวกันในสารประกอบหรืออิออนที่ต่างกัน ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน (ก. 45–46)

2.4 ระบุได้อย่างถูกต้องว่า

ก. สมการใดแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ในแง่ของการถ่ายเทอิเลกตรอนและการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชัน (ก. 37–65)

ข. สารใดเป็นตัวออกซิไดส์ (ก. 66–68, 72–74)

ค. สารใด เป็นตัวรีดิวส์ (ก. 69–72, 74)

เมื่อกำหนดสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีมาให้ (แบบสอบข้อ 2,3,4)

3. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายที่มีอิออนของโลหะ และ เซลไฟฟ้าเคมี

เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

3.1 อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อจุ่มแท่งโลหะลงในสารละลายที่มีอิออนของโลหะได้อย่างถูกต้อง (ก. 75–83)

3.2 สรุปได้ว่า ความสามารถในการชิงอิเลกตรอนของอิออนของโลหะนั้น แตกต่างกัน (ก. 84)

3.3 จัดลำดับความสามารถในการชิงอิเลกตรอนของอิออนของโลหะได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดข้อมูลการทดลองให้ (ก. 85) (แบบสอบข้อ 14)

3.4 อธิบายวิธีดำเนินการทดลองแสดงการถ่ายเทอิเลกตรอนในปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อย่างถูกต้อง (ก. 91)

3.5 อธิบายวิธีการสร้างเซลไฟฟ้าเคมีได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดโลหะ 2 ชนิดและสารละลายที่มีอิออนของโลหะให้ (ก. 92)

3.6 อธิบายความหมายของสิ่งต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง

ก. ขั้วไฟฟ้าและชนิดของขั้วไฟฟ้า (ก. 93–94)

ข. ปฏิกิริยาครึ่งเซล (ก. 95–96, 100)

ค. อาโนด (ก. 96,99)

ง. คาโธด (ก. 98–99)

จ. สะพานอิออน (ก. 102–103)

3.7 สรุปได้อย่างถูกต้องว่า ปฏิกิริยาภายในเซลไฟฟ้าเคมี เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า (ก. 104)

3.8 เขียนแผนภาพแสดงเซลไฟฟ้าเคมี และอธิบายความหมายของแผนภาพนั้นได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลไฟฟ้าเคมีให้ (ก. 105–107, 110) (แบบสอบข้อ 8)

3.9 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซลและปฏิกิริยารวมได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดแผนภาพแสดงปฏิกิริยาของเซลไฟฟ้าเคมีให้ (ก. 108–109, 111–113)

3.10 อธิบายความหมายของความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลไฟฟ้าเคมีได้อย่างถูกต้อง (ก. 114–115)

3.11 อธิบายวิธีการทดลองเพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลใด ๆ ได้อย่างถูกต้อง (ก. 117–118)

3.12 บอกได้อย่างถูกต้องว่า อิเลกตรอนเคลื่อนที่จากขั้วโลหะใด เมื่อทราบข้อมูลบางประการจากการทดลองเกี่ยวกับเซลไฟฟ้าเคมี (ก. 119–122) (แบบสอบข้อ 6)

3.13 ระบุได้อย่างถูกต้องว่า

ก. อะไรเป็นตัวออกซิไดส์

ข. อะไรเป็นตัวรีดิวส์

ก. ขั้วใดเป็นคาโธด (ก. 120)

ง. ขั้วใดเป็นอาโนด (ก. 121)

เมื่อกำหนดเซลไฟฟ้าเคมีให้ (แบบสอบ ข้อ 5)

3.14 คำนวณหาสิ่งต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง

ก. ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล (ก. 123–129) (แบบสอบข้อ 12)

ข. ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี (ก. 130–133)
(แบบสอบข้อ 13)

เมื่อกำหนดผลการทดลองของเซลไฟฟ้าเคมี และระบุครึ่งเซลที่ใช้เปรียบเทียบให้

4. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน E°

เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

4.1 อธิบายความหมายของขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน และระบุวิธีการหาศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ได้อย่างถูกต้อง (ก. 136–138, 142)

4.2 ให้คำจำกัดความของศักย์ไฟฟ้าครึ่งมาตรฐาน (E°) ได้อย่างถูกต้อง

4.3 เปรียบเทียบความหมายของค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ที่เป็นค่าบวกและค่าลบได้อย่างถูกต้อง (ก. 139–141)

4.4 บอกได้อย่างถูกต้องว่า

ก. สารใดเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุด (ก. 151, 154)

ข. สารใดเป็นตัวรีดิวส์ที่ดีที่สุด (ก. 152–154)

เมื่อระบุค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ของธาตุและปฏิกิริยาครึ่งเซลให้ (แบบสอบข้อ 21)

4.5 อธิบายความหมายของค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ของอิออนของธาตุต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดตารางแสดงค่า E° ให้ (ก. 155) (แบบสอบข้อ 15, 19)

4.6 บอกทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเลกตรอนในเซลไฟฟ้าเคมี โดยอาศัยค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ได้อย่างถูกต้อง (แบบสอบข้อ 17)

4.7 ทำนายปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) (ก. 156, 160, 161, 171, 172) (แบบสอบข้อ 7, 18)

4.8 คำนวณหาค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ให้ (ก. 157, 162, 169) (แบบสอบข้อ 11)

4.9 ระบุได้อย่างถูกต้องว่า ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นหรือไม่ โดยอาศัยค่าความต่างศักย์ที่ภาวะมาตรฐาน (ก. 163–168) (แบบสอบข้อ 16)

4.10 จัดลำดับความสามารถในการชิงอิเลกตรอนของอิออนของโลหะโดยอาศัยค่า E° ได้อย่างถูกต้อง (แบบสอบข้อ 20)

4.11 สรุปหลักการในการทำสมการรีดอกซ์ให้ดุลย์ โดยใช้ปฏิกริยาครึ่งเซลได้อย่างถูกต้อง (ก. 208)

4.12 ทำสมการรีดอกซ์ให้ดุลย์ โดยใช้ปฏิกิริยาครึ่งเซลประกอบกับค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) ได้อย่างถูกต้อง เมื่อกำหนดผลการทดลองเกี่ยวกับปฏิกิริยารีดอกซ์นั้นให้ (ก. 201–208) (แบบสอบข้อ 24)

5. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผุกร่อนของโลหะ และการป้องกันการผุกร่อน เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

5.1 ให้คำจำกัดความของการผุกร่อนของโลหะได้อย่างถูกต้อง (ก.173–174) (แบบสอบข้อ 22)

5.2 อธิบายได้อย่างถูกต้องถึงสาเหตุการผุกร่อนที่เกิดในธรรมชาติ และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการผุกร่อนว่า เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ (ก. 175)

5.3 บรรยายการทดลองเกี่ยวกับการผุกร่อนของโลหะต่างชนิดกันได้อย่างถูกต้อง (ก. 176–189)

5.4 ให้เหตุผลได้อย่างถูกต้องว่า เหตุใดจึงนิยมใช้โลหะบางชนิดชุบเหล็กเพื่อป้องกันสนิม (ก. 188–194, 198–200) (แบบสอบข้อ 23)

5.5 ระบุวิธีการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กได้อย่างถูกต้องอย่างน้อย 3 วิธี (ก. 195)

5.6 อธิบายได้อย่างถูกต้องถึงความสัมพันธ์ของค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) กับการป้องกันการผุกร่อน (ก. 197)

6. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถ่านไฟฉาย และเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

6.1 ระบุส่วนประกอบของถ่านไฟฉายได้อย่างถูกต้อง (ก. 209)

6.2 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาภายในเซลถ่านไฟฉายได้อย่างถูกต้อง (ก.210)

6.3 บอกความแตกต่างของถ่านไฟฉายกับเซลไฟฟ้าเคมีได้อย่างถูกต้อง (ก. 211 – 212)

6.4 ระบุได้ว่า ถ่านไฟฉายเป็นเซลปฐมภูมิ (ก. 213)

6.5 วาดรูปประกอบการอธิบายวิธีการประจุไฟฟ้าครั้งแรกของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วได้อย่างถูกต้อง (ก. 216) (แบบสอบข้อ 26)

6.6 บอกความแตกต่างของปฏิกิริยาในการประจุไฟ และการจ่ายไฟของเซล–สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วได้อย่างถูกต้อง (ก. 217–220)

6.7 ระบุได้ว่า เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เป็นเซลทุติยภูมิ (ก. 221–222)

6.8 บอกได้อย่างถูกต้องว่า ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วและเซลถ่านไฟฉาย เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ (ก. 211, 216)

6.9 ระบุสิ่งที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีของถ่านไฟฉายและเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วได้อย่างถูกต้อง (แบบสอบ ข้อ 31)

7. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

7.1 บอกได้อย่างถูกต้องว่า

ก. การแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นขบวนการอิเลกโตรไลซิล (ก. 223)

ข. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าเรียกว่า เซลอิเลกโตรไลต์ (ก. 224 – 225)

7.2 วาดรูปและระบุส่วนประกอบของเซลอิเลกโตรไลต์แยกสารละลาย $CuCl_2$ โดยมีคาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง (ก. 226 – 228)

7.3 ระบุได้อย่างถูกต้องว่า ขั้วไฟฟ้าใดเป็นคาโธดและอาโนด เมื่อกำหนดเซลอิเลกโตรไลต์มาให้ (ก. 229)

7.4 ระบุได้อย่างถูกต้องว่า

ก. ขั้วลบ ในเซลอิเลกโตรไลต์ เป็น คาโธด

ข. ขั้วบวก ในเซลอิเลกโตรไลต์ เป็น อาโนด (ก. 229–230) (แบบสอบข้อ 27)

7.5 สรุปได้อย่างถูกต้องว่า ในเซลอิเลกโตรไลต์ พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี (ก. 231)

7.6 บอกผลที่ได้ของการแยกสลายสารเคมีใด ๆ ด้วยกระแสไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าโดยอาศัยค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐานได้อย่างถูกต้อง (ก. 231–251) (แบบสอบข้อ 25)

7.7 อธิบายวิธีการแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เกิดโลหะที่ขั้วไฟฟ้าที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง (ก. 250) (แบบสอบ ข้อ 28)

7.8 ระบุความแตกต่างระหว่างเซลไฟฟ้าเคมี และ เซลอิเลกโตรไลต์ได้อย่างถูกต้อง ในแง่ของ

ก. การเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ข. การเกิดปฏิกิริยารีดักชันและออกซิเดชันที่ขั้วไฟฟ้า (ก. 252) (แบบสอบข้อ 32)

8. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

8.1 บอกได้อย่างถูกต้องว่า การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าแตกต่างจากการแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าตรงที่ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาเคมีของเซล (ก. 253) (แบบสอบข้อ 30)

8.2 ระบุหลักการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า ได้ว่า

ก. โลหะที่ต้องการชุบ เป็น ขั้วลบ

ข. จะชุบด้วยโลหะใด ให้ใช้โลหะนั้น เป็นขั้วบวก

ค. อิเลกโตรไลต์ ต้องเป็นอิออนของโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่เป็นขั้วบวก

ง. การชุบโลหะ ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (ก. 254–258)

8.3 บอกได้อย่างถูกต้องว่าจะต้องใช้สิ่งใดเป็น ขั้วบวก ขั้วลบ และอิเลกโตรไลต์ในการชุบโลหะที่กำหนดให้ ด้วยสารที่กำหนดให้ (ก. 259–262) (แบบสอบข้อ 29)

8.4 บอกประโยชน์ของการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง (ก. 260–263)

9. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเซลเชื้อเพลิง

เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

9.1 อธิบายได้อย่างถูกต้องว่า เซลเชื้อเพลิง คือ อะไร (ก. 264–266) (แบบสอบข้อ 34)

9.2 บอกความแตกต่างของเซลเชื้อเพลิงกับเซลไฟฟ้าเคมีได้อย่างถูกต้อง (ก. 267)

9.3 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจนได้อย่างถูกต้อง (ก.268–271) (แบบสอบข้อ 33)

9.4 อธิบายถึงความสำคัญของเซลเชื้อเพลิงได้อย่างถูกต้อง (ก. 265, 272–273)

10. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่า ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คืออะไร

เมื่อเรียนจบแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

10.1 สรุปได้อย่างถูกต้องว่า ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี หมายถึงอะไรบ้าง (ก.274)

10.2 บอกได้อย่างถูกต้องว่า ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเท–อิเลกตรอน ซึ่งเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ (ก. 275–276) (แบบสอบข้อ 35)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

คำแนะนำในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบ มี 35 ข้อ
2. ให้ตอบลงในกระดาษคำตอบเท่านั้น โดยกาเครื่องหมาย X ทับตัวอักษร ก ข ค ง ในข้อที่พิจารณาแล้วเห็นว่า เป็นคำตอบที่ถูกต้อง เพียงคำตอบเดียว ดังตัวอย่าง

1. สิ่งใด จัดว่าเป็นอาหารประเภทโปรตีน
   - ก. ข้อยข้น
   - ข. มันแกว
   - ค. ถั่วต้ม
   - ง. ฝรั่งกอง
2. ขั้นแรกของการดำเนินงานแบบวิธีวิทยาศาสตร์ คืออะไร
   - ก. รวบรวมข้อมูล
   - ข. ทดสอบสมมติฐาน
   - ค. ลองปฏิบัติดู
   - ง. กำหนดปัญหา

ในกระดาษคำตอบ

1 ก ข X ง

2 ก ข ค X

3. ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงเขียนเครื่องหมาย X ทับ อักษร ก ข ค ง ในข้อที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ลงในกระดาษคำตอบ

1. ค่าเลขออกซิเดชันของ N ใน $(NH_4)_3PO_4$ ได้แก่ ข้อใด

   ก. +3

   ข. -3

   ค. +4

   ง. -4

2. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ ปฏิกิริยาใดที่ทั้งตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวส์เป็นสารเดียวกัน

   ก. $Cl_2 + 2KBr \longrightarrow 2KCl + Br_2$

   ข. $Cl_2 + 2NaOH \longrightarrow NaCl + NaClO + H_2O$

   ค. $3Cl_2 + 8NH_3 \longrightarrow N_2 + 6\ NH_4Cl$

   ง. $Cl_2 + H_2S \longrightarrow 2HCl + S$

3. จากสมการ $2KMnO_4 + 5HNO_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + 3H_2O + 5HNO_3$ ตัวรีดิวส์ คืออะไร

   ก. H_2SO_4

   ข. $KMnO_4$

   ค. H_2O

   ง. HNO_2

4. ข้อใด ไม่เป็น ปฏิกิริยารีดอกซ์

   ก. $2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$

   ข. $Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$

   ค. $CaCO_3 + 3HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

   ง. $2HCl + O_3 \longrightarrow H_2O + Cl_2 + O_2$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. เมื่อจุ่มแท่งตะกั่ว (Pb) ลงในสารละลาย $AgNO_3$ สักครู่จะเกิดโลหะเงิน เกาะที่แผ่นตะกั่วจงพิจารณาว่า ข้อความใดถูกต้อง

ก. แท่งตะกั่ว เป็นตัวรีดิวส์

ข. เงินอิออน เป็นตัวรีดิวส์

ค. แท่งตะกั่ว เป็นตัวออกซิไดส์

ง. โลหะเงิน เป็นตัวออกซิไดส์

6. ถ้าจุ่มโลหะ A ลงในสารละลายของ A^{2+} อิออนในบีกเกอร์หนึ่ง จุ่มโลหะ B ลงในสารละลายของ B^{2+} อิออนในอีกบีกเกอร์หนึ่ง นำกระดาษกรองชุบสารละลาย KCl พาดเชื่อมสารละลายในบีกเกอร์ทั้งสองต่อโลหะ A และ B เข้ากับโวลต์มิเตอร์ ซึ่งเข็มเบนตามทิศทางการไหลของอิเลกตรอน ปรากฏว่าที่แท่งโลหะ A มีสาร A มาเกาะอยู่ จงพิจารณาว่า ข้อความใดถูกต้อง

ก. โลหะ A สึกกร่อน

ข. เข็มโวลต์มิเตอร์ชี้ที่ 0.09 โวลต์

ค. เข็มโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วโลหะ B ไปโลหะ A

ง. เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในบีกเกอร์ของสารละลาย A^{2+} อิออน ที่มีโลหะ A จุ่มอยู่

7. เซลไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วยโลหะสังกะสีจุ่มอยู่ในสารละลาย Zn^{2+} และตะกั่วจุ่มอยู่ในสารละลาย Pb^{2+}

$Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn \qquad E^{\circ} = -0.76$ โวลต์

$Pb^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Pb \qquad E^{\circ} = -0.13$ โวลต์

จงพิจารณาว่า ข้อความใดถูกต้อง

ก. ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้น คือ $Zn + Pb^{2+} \longrightarrow Pb + Zn^{2+}$

ข. แผนภาพแสดงเซลไฟฟ้าเคมี คือ $Pb/Pb^{2+}//Zn^{2+}/Zn$

ค. ค่าความต่างศักย์ที่ภาวะมาตรฐานของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ เท่ากับ -0.63 โวลต์

ง. ปฏิกิริยาภายในครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} คือ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. ในเซลไฟฟ้าเคมี $Zn/Zn^{2+}_{(aq)}//Cu^{2+}_{(aq)}/Cu$ ตัวออกซิไดส์ คืออะไร

ก. Zn

ข. $Zn^{2+}_{(aq)}$

ค. $Cu^{2+}_{(aq)}$

ง. Cu

9. ในเซลไฟฟ้าเคมี $A/A^{+}//B^{+}/B$ ปฏิกิริยาครึ่งเซลของ "อาโนด" ได้แก่ข้อใด

ก. $A \longrightarrow A^{+} + \bar{e}$

ข. $A^{+} + \bar{e} \longrightarrow A$

ค. $B \longrightarrow B^{+} + \bar{e}$

ง. ระบุไม่ได้ ข้อมูลไม่เพียงพอ

10. หน้าที่ของสะพานอิออน ในเซลไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ข้อใด

ก. รักษาสมดุลระหว่างอิออนบวก และอิออนลบของเซล

ข. รักษาสมดุลระหว่างประจุไฟฟ้าบวก และประจุไฟฟ้าลบ

ค. ปรับความดันระหว่างสารละลายในครึ่งเซลทั้งสอง

ง. ปรับระดับความเข้มข้นของสารละลายในครึ่งเซลทั้งสองให้เท่ากัน

11. จากข้อมูลต่อไปนี้ ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีเกิดจากครึ่งเซล Cu/Cu^{2+} ต่อกับครึ่งเซล Ba/Ba^{2+} เป็นเท่าใด

$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu \qquad E^{o} = +0.34$ โวลต์

$Ba^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Ba \qquad E^{o} = -2.90$ โวลต์

ก. −2.56 โวลต์

ข. 0.00 โวลต์

ค. +2.56 โวลต์

ง. +3.24 โวลต์

จงพิจารณาผลการทดลองต่อไปนี้ และตอบคำถามในข้อ 12–14

เมื่อวัดค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี โดยใช้โวลต์มิเตอร์ที่เข็มเบนตามทิศทางการไหลของอิเลกตรอนได้ผลการทดลองดังนี้

เซลไฟฟ้าเคมี	ค่าความต่างศักย์(โวลต์)	การเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์
ครึ่งเซล A/A^{2+} กับครึ่งเซล A/A^{2+}	0.00	เข็มไม่เบน
ครึ่งเซล A/A^{2+} กับครึ่งเซล B/B^{2+}	0.68	เข็มเบนไปทางขั้วไฟฟ้า B
ครึ่งเซล A/A^{2+} กับครึ่งเซล C/C^{2+}	0.10	เข็มเบนไปทางขั้วไฟฟ้า A

12. เมื่อใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล A/A^{2+} สำหรับเปรียบเทียบ ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล B/B^{2+} เป็นเท่าใด

ก. –0.58 โวลต์

ข. –0.68 โวลต์

ค. +0.68 โวลต์

ง. +0.78 โวลต์

13. ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีที่เกิดจากครึ่งเซล B/B^{2+} กับครึ่งเซล C/C^{2+} มีค่าเท่าใด

ก. –0.58 โวลต์

ข. –0.78 โวลต์

ค. +0.68 โวลต์

ง. +0.78 โวลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

14. อิออนที่มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอน เรียงตามลำดับน้อยไปหามาก คือ ข้อใด

ก. A^{2+}, B^{2+}, C^{2+}

ข. B^{2+}, C^{2+}, A^{2+}

ค. C^{2+}, A^{2+}, B^{2+}

ง. B^{2+}, A^{2+}, C^{2+}

15. ปฏิกิริยาครึ่งเซล $X^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow X_{(s)}$ มีค่า $E^{\circ} = -0.67$ โวลต์ จงพิจารณาว่าข้อความใดถูกต้อง

ก. H^{+} อิออน มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้น้อยกว่า X^{2+} อิออน

ข. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะ X กับสารละลาย H^{+} อิออน จะให้กาซ H_2 เกิดขึ้น

ค. ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีระหว่างครึ่งเซล X/X^{2+} กับครึ่งเซล H_2/H^{+} เท่ากับ −0.67 โวลต์

ง. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลไฟฟ้าเคมีระหว่าง X/X^{2+} กับ H_2/H^{+} คือ

$$X^{2+} + 2H_2 \longrightarrow X + 2H^{+}$$

16. ปฏิกิริยา $Cd^{2+} + 2Na \longrightarrow 2Na^{+} + Cd$ มีค่าความต่างศักย์ที่ภาวะมาตรฐาน = +2.31 โวลต์ จงพิจารณาว่า ข้อความใดถูกต้อง

ก. โลหะ Na เป็นคาโธด

ข. Cd^{2+} เป็นตัวรีดิวส์

ค. ปฏิกิริยานี้ สามารถเกิดขึ้นได้เอง

ง. ในเซลไฟฟ้าเคมี โลหะ Na เป็นขั้วบวก

17. จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล ต่อไปนี้

$A^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow A$ $\quad E^{\circ} = +0.79$ โวลต์

$B^{+} + \bar{e} \longrightarrow B$ $\quad E^{\circ} = -0.15$ โวลต์

ข้อความใดถูกต้องที่สุด

ก. เมื่อต่อครึ่งเซล A/A^{2+} เข้ากับครึ่งเซล B/B^{+} อิเลกตรอนจะเคลื่อนที่จาก ข้าง A ไป B

ข. เมื่อต่อครึ่งเซล A/A^{2+} เข้ากับครึ่งเซล B/B^{+} อิเลกตรอนจะเคลื่อนที่จาก ข้าง B ไป A

ค. เมื่อต่อครึ่งเซล A/A^{2+} เข้ากับครึ่งเซล B/B^{+} ความต่างศักย์ของเซล = 0.84 โวลต์

ง. เมื่อต่อครึ่งเซล A/A^{2+} เข้ากับครึ่งเซล B/B^{+} ความต่างศักย์ของเซล = 0.64 โวลต์

18. จากข้อมูลเหล่านี้

$Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$ $\quad E^{\circ} = -0.76$ โวลต์

$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $\quad E^{\circ} = +0.34$ โวลต์

$Ag^{+} + \bar{e} \longrightarrow Ag$ $\quad E^{\circ} = +0.80$ โวลต์

ถ้าจุ่มแท่งโลหะเงินลงในสารละลาย $ZnSO_4$ และ $CuSO_4$ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. เงินในสารละลาย $ZnSO_4$ และในสารละลาย $CuSO_4$ กร่อนไปทั้งคู่

ข. เงินในสารละลาย $ZnSO_4$ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนเงินใน $CuSO_4$ กร่อนไป

ค. เงินในสารละลาย $ZnSO_4$ กร่อนไป ส่วนเงินในสารละลาย $CuSO_4$ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ง. เงินในสารละลาย $ZnSO_4$ และในสารละลาย $CuSO_4$ ต่างก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

19. จากข้อมูลต่อไปนี้ จงพิจารณาว่า ข้อใดไม่ถูกต้อง

$Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe$ $\quad E^{\circ} = -0.44$ โวลต์

$Au^{+} + \bar{e} \longrightarrow Au$ $\quad E^{\circ} = +1.68$ โวลต์

ก. จุ่มแท่งเหล็ก ลงในสารละลาย HCl จะมีกาซ H_2 เกิดขึ้น

ข. จุ่มแท่งทอง ลงในสารละลาย HCl จะมีกาซ H_2 เกิดขึ้น

ค. จุ่มแท่งทอง ลงในสารละลาย $FeCl_2$ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

ง. จุ่มแท่งเหล็ก ลงในสารละลาย Au^{+} จะมีโลหะทองมาเกาะแท่งเหล็ก

จากค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐานต่อไปนี้ จงตอบคำถามข้อ 20–21

$Na^{+} + \bar{e} \longrightarrow Na$ $\quad E^{\circ} = -2.71$ โวลต์

$Pt^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Pt$ $\quad E^{\circ} = +1.20$ โวลต์

$K^{+} + \bar{e} \longrightarrow K$ $\quad E^{\circ} = -2.92$ โวลต์

$Co^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Co$ $\quad E^{\circ} = -0.28$ โวลต์

$I_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2I^{-}$ $\quad E^{\circ} = +0.54$ โวลต์

20. ข้อใดที่แสดงลำดับความสามารถในการชิงอิเลกตรอน จากน้อยไปหามาก

ก. Pt^{2+}, I_2, Na^{+}, Co^{2+}, K^{+}

ข. Na^{+}, I_2, Co^{2+}, K^{+}, Pt^{2+}

ค. I_2, Co^{2+}, Na^{+}, Pt^{2+}, K^{+}

ง. K^{+}, Na^{+}, Co^{2+}, I_2, Pt^{2+}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

21. จากข้อมูลข้างล่าง ข้อใดเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุด

ก. I^-

ข. Pt^{2+}

ค. Na

ง. K^+

22. การผุกร่อนของโลหะ คืออะไร

ก. การที่โลหะทำปฏิกิริยาเคมีกับสารต่าง ๆ

ข. เป็นขบวนการออกซิเดชันและรีดักชัน

ค. การที่โลหะทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจน แล้วกลายเป็นอิออน

ง. ถูกต้องทั้งข้อ ข. และ ค.

23. ทำไม จึงนิยมชุบกระป๋องเหล็กด้วยดีบุกเพื่อกันสนิม

ก. ดีบุกเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าเหล็ก

ข. ดีบุกผุกร่อนได้สารที่สลายตัวได้ยาก

ค. ดีบุกเป็นสารกันความชื้นให้แก่เหล็ก

ง. ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (รีดักชัน) ของเหล็กต่ำกว่าของดีบุก

24. สมการต่อไปนี้ สมการใดแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ที่สมดุลย์

ก. $6H^+ + 2Al \longrightarrow 2Al^{3+} + 3H_2$

ข. $2Sr + Na^+ \longrightarrow Na + 2Sr^{2+}$

ค. $Cs^+ + 2Li \longrightarrow 2Li^+ + Cs$

ง. $3Cr^{3+} + 2Zn \longrightarrow 2Zn^{2+} + 3Cr$

25. ในการแยกสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยกระแสไฟฟ้า

จากค่า E° $Cl_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2Cl^-$ $E^\circ = + 1.36$ โวลต์

$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \longrightarrow 2H_2O$ $E^\circ = + 1.23$ โวลต์

$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $E^\circ = + 0.34$ โวลต์

$H_2O + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ $E^\circ = - 0.83$ โวลต์

จงพิจารณาว่า จะเกิดสารใดที่ขั้วบวก และขั้วลบ

ก. ขั้วบวกเกิดก๊าซ O_2 ขั้วลบ เกิดก๊าซ H_2

ข. ขั้วบวกเกิดก๊าซ H_2 ขั้วลบ เกิดก๊าซ O_2

ค. ขั้วบวกเกิดก๊าซ C_2 ขั้วลบ เกิดโลหะทองแดง

ง. ขั้วบวกเกิดก๊าซ H_2 ขั้วลบ เกิดโลหะทองแดง

26. ในขบวนการใด ที่มีการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมี เป็นพลังงานไฟฟ้า

ก. การชุบโลหะ

ข. เซลไฟฟ้าเคมี

ค. เซลอิเลกโตรไลต์

ง. เซลอิเลกโตรไลต์ และการชุบโลหะ

27. เกี่ยวกับขั้วไฟฟ้าของเซลอิเลกโตรไลต์ ข้อความใดถูกต้อง

ก. ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ เป็น คาโธด

ข. ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ เป็น อาโนด

ค. ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ เป็น ขั้วลบ

ง. ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ เป็น ขั้วบวก

28. ถ้าต้องการทำทองแดงบริสุทธิ์จากทองแดงไม่บริสุทธิ์ โดยการแยกสลายสารด้วยไฟฟ้า ต้องใช้อะไรเป็นขั้วบวก

ก. ทองแดงไม่บริสุทธิ์

ข. ทองแดงบริสุทธิ์

ค. ปลาตินัม

ง. คาร์บอน

29. ในการชุบโครเมียมกันชนรถยนตร์ด้วยกระแสไฟฟ้า จงพิจารณาว่า ข้อความใดถูกต้อง

ก. โครเมียม เป็น กาโธด

ข. กันชนรถยนตร์ เป็น อาโนด

ค. อิเลกโตรไลต์ เป็น อิออนของโครเมียม

ง. ใช้กระแสไฟฟ้าสลับผ่านลงในเซลอิเลกโตรไลต์

30. การชุบโลหะ ด้วยกระแสไฟฟ้า ต่างจากการแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างไร

ก. การชุบโลหะ มีการผ่านกระแสไฟฟ้าลงในเซล

ข. สารละลายที่ใช้ในการชุบโลหะ แตกตัวเป็นอิออนได้

ค. การชุบโลหะ ที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ขั้วลบเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ง. โลหะที่เป็นขั้วไฟฟ้าในการชุบโลหะ เป็นโลหะที่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาเคมี

31. ข้อใด เป็นสารที่เกิดจากขบวนการจ่ายไฟของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว และถ่านไฟฉาย

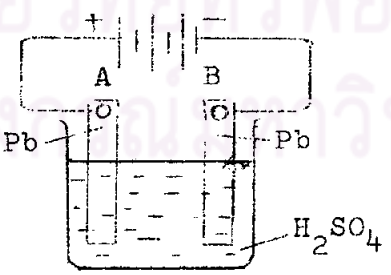
ก. Pb, Zn^{2+}, H_2O

ข. Zn^{2+}, H_2O, $PbSO_4$

ค. $\left[Zn(NH_3)_4\right]^{2+}$, Pb, H_2O

ง. $PbSO_4$, H_2O, $\left[Zn(NH_3)_4\right]^{2+}$

32. ในการประจุไฟฟ้าครั้งแรกของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว ดังรูป เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



ก. ที่ขั้ว A แผ่นตะกั่วถูกออกซิไดส์ได้ PbO_2 ที่ขั้ว B มีกาซ H_2 ปุดขึ้น

ข. ที่ขั้ว A แผ่นตะกั่วไม่มีการเปลี่ยนแปลง ที่ขั้ว B มีกาซ H_2 ปุดขึ้น

ค. ที่ขั้ว A มีกาซ H_2 ปุดขึ้น ที่ขั้ว B แผ่นตะกั่วจะถูกออกซิไดส์ เป็น PbO_2

ง. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น เพราะโลหะที่เป็นขั้วไฟฟ้าเป็นชนิดเดียวกัน

33. ข้อใด เป็นปฏิกิริยารวมของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน

ก. $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ + พลังงาน

ข. $2H_2 + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O + 4\bar{e}$ + พลังงาน

ค. $2H_2 + 2O_2 + 2OH^- \longrightarrow 2HO_2^-$ + พลังงาน

ง. $2H_2O + 2O_2 + 4\bar{e} \longrightarrow 2HO_2^- + 2OH^-$ + พลังงาน

34. เซลเชื้อเพลิง คืออะไร

ก. เซลอิเลกโตรไลต์แบบหนึ่ง

ข. ปฏิกิริยาเคมีแบบหนึ่ง

ค. เซลไฟฟ้าเคมีแบบหนึ่ง

ง. ถูกทั้งข้อ ก ข ค

35. ปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ได้แก่อะไร

ก. ปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับความร้อน

ข. ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอน

ค. ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนพลังงานเคมี เป็นพลังงานไฟฟ้า

ง. ปฏิกิริยาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำแนะนำในการเรียน

บทเรียน เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" นี้ สร้างขึ้นสำหรับการเรียนด้วยตนเอง หากผู้เรียนทำตามคำแนะนำต่อไปนี้ จะได้รับประโยชน์จากบทเรียนอย่างมาก

1. ในการเรียนบทเรียน ให้เรียนไปทีละกรอบ โดยใช้กระดาษแข็งที่แนบมากับบทเรียน ปิดข้อความในกรอกถัดไป

2. เริ่มอ่านกรอบที่ 1 อย่างตั้งใจและทำความเข้าใจให้ดี แล้วตอบคำถามหรือเติมข้อความที่ขาดหายไป

3. เลื่อนกระดาษแข็งลงไปปิดข้อความในกรอบที่ 3 และตรวจคำตอบเฉลยของกรอบที่ 1 ซึ่งอยู่ทางซ้ายมือของกรอบที่ 2

3.1 ถ้าผู้เรียนตอบถูก ให้อ่านข้อความในกรอบที่ 2 และตอบคำถาม ทำเช่นนี้ต่อไป

3.2 ถ้าผู้เรียนตอบผิด ให้อ่านข้อความในกรอบเดิมซ้ำให้เข้าใจ เขียนคำตอบที่ถูกต้องลงข้างล่างคำตอบที่ผิด

4. ผู้เรียนเรียนบทเรียนด้วยการอ่านและทำความเข้าใจไปทีละขั้น และผู้เรียนจะต้องมีความซื่อสัตย์ ไม่ควรดูคำตอบก่อน เพราะจะทำให้ผู้เรียนไม่ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น เป็นการเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์

5. ผู้เรียนเรียนทุกกรอบจากเริ่มต้นเรียงลำดับไป อย่าข้ามกรอบหนึ่งกรอบใดเป็นอันขาด เพราะจะทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจบทเรียนตอนต่อไป

6. คำถามในแต่ละกรอบไม่ใช่แบบทดสอบ แต่เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้

7. เมื่อจบบทเรียนแล้ว ให้ผู้เรียนมารับแบบทดสอบไปทำ เพื่อวัดดูว่าผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจในบทเรียนเพียงใด

	1. อะตอมแต่ละชนิด ประกอบด้วย นิวเคลียสอยู่ตรงกลาง มีอนุภาคอิเลกตรอนเคลื่อนที่อยู่โดยรอบ ภายในนิวเคลียสจะมีอนุภาคโปรตอน และ อนุภาคนิวตรอนอยู่ ดังนั้น อะตอม ประกอบด้วย อนุภาค _____, _____ และ _____ .
โปรตอน นิวตรอน อิเลกตรอน	2. อนุภาคโปรตอน มีประจุไฟฟ้าบวก อนุภาคนิวตรอน เป็นกลางทางไฟฟ้า อนุภาคอิเลกตรอน มีประจุไฟฟ้าลบ อนุภาค ภายในอะตอม ที่มีประจุไฟฟ้าบวก คือ _____ และอนุภาค ภายในอะตอม ที่มีประจุไฟฟ้าลบ คือ _____
อนุภาคโปรตอน อนุภาคอิเลกตรอน	3. อะตอม หรือ กลุ่มอะตอม จะเป็นกลางทางไฟฟ้าเมื่อจำนวนอิเลกตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอน โดยที่อิเลกตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าลบ โปรตอน เป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวก อะตอม หรือกลุ่มอะตอม เป็นกลางทางไฟฟ้าเมื่อ _____

จำนวนอิเลกตรอนเท่ากับจำนวน-โปรตอน	4. เมื่ออะตอม หรือ กลุ่มอะตอม เสียอิเลกตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว ส่วนที่เหลือจะมีประจุไฟฟ้าบวก เรียกส่วนที่เหลือนี้ว่า อิออนบวก อิออนบวก หมายถึง _____ ซึ่งเกิดจากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมนั้น เสียอิเลกตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว
อะตอม หรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวก	5. อิออนบวก คือ อะตอม หรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งเกิดจากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมนั้น เสียอิเลกตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว เช่น ธาตุ H เสียอิเลกตรอน 1 ตัว เกิดเป็น H^+ อิออน ธาตุ Be เสียอิเลกตรอน 2 ตัว เกิดเป็น Be^{2+} อิออน ธาตุ Ca เสียอิเลกตรอน 2 ตัว เกิดเป็น Ca^{2+} อิออน จากตัวอย่างนี้ อิออนบวก ได้แก่ _____
H^+ อิออน Be^{2+}อิออน Ca^{2+}อิออน	6. เมื่ออะตอม หรือกลุ่มอะตอม ได้รับอิเลกตรอนเพิ่มเข้ามาอย่างน้อย 1 ตัว ทำให้อะตอม หรือกลุ่มอะตอมนั้น มีประจุไฟฟ้าลบ เรียกว่า อิออนลบ อิออนลบ หมายถึง _____ ซึ่งเกิด จากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมได้รับอิเลกตรอนเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 1 ตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อะตอม หรือ กลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าลบ	7. อิออนลบ เป็น อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งเกิดจากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมได้รับอิเลกตรอนเข้ามาอย่างน้อย 1 ตัว เช่น ธาตุ F ได้รับอิเลกตรอน 1 ตัว เกิดเป็น F^- อิออน ธาตุ S ได้รับอิเลกตรอน 2 ตัว เกิดเป็น S^{2-} อิออน จากตัวอย่างนี้_____,_____ เป็นอิออนลบ
F^- อิออน S^{2-} อิออน	8. อิออนบวก คือ อะตอม หรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวก อิออนลบ คือ อะตอม หรือ กลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าลบ ดังนั้น <u>อิออน คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวกหรือลบก็ได้</u> จากสัญญลักษณ์ต่อไปนี้ : Mg, Na^+, O^{2-}, S_8, NH_3, Fe^{3+} อิออน ได้แก่ _____
Na^+ O^{2-} Fe^{3+}	9. อิออน คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวกหรือลบ ถ้าเรียก อะตอมหรือกลุ่มอะตอม ว่าเป็น อนุภาค ดังนั้น กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า อิออน คือ _____ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	10. อิออน เป็น อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ และการที่อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปนี้ ก่อให้เกิดการนำไฟฟ้า ดังนั้น คุณสมบัติการนำไฟฟ้า เป็นสิ่งที่ต้องอาศัย _____
การเคลื่อนที่ของอิออน หรือการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า	11. NaCl ละลายน้ำได้สารละลายของ NaCl ปรากฏว่า สารละลาย NaCl มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ แสดงว่า ในสารละลายจะต้องมี _____
อิออน	12. ถ้า อิเลกโตรไลต์ (Electrolyte) คือ สารที่ละลายน้ำแล้ว ได้สารละลายที่นำไฟฟ้า เมื่อ NaCl ละลายน้ำ จะแตกตัวเป็น Na^+ อิออน และ Cl^- อิออน อิออนเหล่านี้ จะเคลื่อนที่ไปมาภายในสารละลาย ทำให้สารละลายนำไฟฟ้าได้ ดังนั้น NaCl เป็น _____

อิเลกโตรไลต์	13. กรด เบส เกลือบางชนิดเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวเป็นอิออนบวก และอิออนลบ เคลื่อนที่ไปมาภายในสารละลาย ทำให้สารละลายนำไฟฟ้าได้ จึงกล่าวว่า กรด เบส เกลือบางชนิดนั้น เป็น _____
อิเลกโตรไลต์	14. อิเลกโตรไลต์ เป็นสารที่ละลายน้ำแล้วจะแตกตัวเป็น อิออน ให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ แต่สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ดีเพียงใด ขึ้นอยู่กับ ปริมาณการแตกตัวเป็นอิออนของสารอิเลกโตรไลต์ ถ้ามีการแตกตัวเป็นอิออนมาก สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ดี ถ้ามีการแตกตัวเป็นอิออนน้อย สารละลายจะนำไฟฟ้าได้น้อย อิเลกโตรไลต์ ก. และ ข. เมื่อละลายน้ำ เกิดการแตกตัวเป็นอิออนได้ไม่เท่ากัน สารละลายอิเลกโตรไลต์ ก. และสารละลายอิเลกโตรไลต์ ข. มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต่างกัน (ไม่เท่ากัน)	15. อิเลกโตรไลต์ มีความสามารถในการแตกตัวเป็นอิออนในน้ำได้มากน้อยต่างกัน จึงทำให้สารละลายอิเลกโตรไลต์ นำไฟฟ้าได้ต่างกัน อาศัยความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเลกโตรไลต์ที่ต่างกันนี้แบ่งอิเลกโตรไลต์ออกเป็น 2 ชนิด คือ อิเลกโตรไลต์แก่ (Strong Electrolyte) และอิเลกโตรไลต์อ่อน (Weak Electrolyte) สิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดของอิเลกโตรไลต์ คือ _____
ความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลายของอิเลกโตรไลต์	16. <u>สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีมาก โดยที่ สารนั้นแตกตัวเป็นอิออนอย่างสมบูรณ์</u> ได้แก่ กรด – เบส ที่มีความแรงในการแตกตัวสูง เช่น NaOH, HCl เกลือที่ละลายน้ำได้ สารเหล่านี้ เป็น อิเลกโตรไลต์แก่ อิเลกโตรไลต์แก่ คือ _____ _____ โดยที่สารนั้นแตกตัวเป็นอิออน _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีมาก, อย่างสมบูรณ์	17. สารที่ละลายในน้ำ แล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดี โดยที่สารพวกนี้ จะแตกตัวเป็นอิออนได้มาก ส่วนใหญ่จะคงสภาพเป็นโมเลกุล ได้แก่ กรด – เบส ที่มีความแรงในการแตกตัวน้อย เช่น NH_4OH, CH_3COOH และเกลือที่ละลายน้ำได้น้อย สารเหล่านี้ จัดเป็น อิเลกโตรไลต์อ่อน อิเลกโตรไลต์อ่อน คือ _____
สารที่ละลายในน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าไม่ดี	18. มีสารอีกพวกหนึ่ง ที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่เกิดอิออนขึ้นในสารละลาย สารละลายของสารพวกนี้ จึงไม่นำไฟฟ้า ได้แก่ น้ำตาล แอลกอฮอล์ เรียกสารพวกนี้ว่า นอนอิเลกโตรไลต์ (Non-electrolyte) นอนอิเลกโตรไลต์ คือ สารที่ละลายน้ำแล้ว ให้สารละลายที่ไม่เกิดอิออนขึ้น จึง_____
ไม่นำไฟฟ้า	19. อิเลกโตรไลต์ คือ _____ อิเลกโตรไลต์แก่ คือ _____ อิเลกโตรไลต์อ่อน คือ _____ นอนอิเลกโตรไลต์ คือ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้
2. สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีมาก
3. สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าไม่ดี
4. สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า

20.

นักเคมีได้กำหนด <u>ค่าประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอมหรืออิออนของธาตุ</u> โดยคิดจากจำนวนอิเลกตรอนตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น เป็น ค่าเลข<u>ออกซิเดชัน</u>

เลขออกซิเดชัน หมายถึง _____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าประจุไฟฟ้าสมมติของอะตอม หรืออิออนของธาตุ	21. เลขออกซิเดชัน มีค่าเป็น บวก หรือ ลบ ขึ้นอยู่กับค่าอิเลกโตรเนกาติวิตี (Electronegativity) เปรียบเทียบกันระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบนั้น ๆ คือ อะตอมที่มีค่าอิเลกโตรเนกาติวิตี สูงกว่า จะมีเลขออกซิเดชันเป็น ค่าลบ อะตอมที่มีค่าอิเลกโตรเนกาติวิตี ต่ำกว่า จะมีเลขออกซิเดชันเป็น ค่าบวก ดังนั้น ในสารประกอบ NaCl, Cl อะตอม มีค่าอิเลกโตรเนกาติวิตีสูงกว่า Na อะตอม Cl อะตอม มีค่าเลขออกซิเดชัน เป็น _____ Na อะตอม มีค่าเลขออกซิเดชัน เป็น _____
ลบ บวก	22. ธาตุอิสระทุกชนิด ไม่ว่าธาตุนั้น หนึ่งโมเลกุลจะประกอบด้วยกี่อะตอมก็ตาม เช่น Na, S_8, O_2 ถูกกำหนดค่าเลขออกซิเดชัน เป็น ศูนย์ ดังนั้น P_4 มีค่าเลขออกซิเดชัน เป็น _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์	23. เลขออกซิเดชันของอิออนมีค่าเท่ากับ ประจุไฟฟ้าของอิออน เพียงแต่เครื่องหมายอยู่ในตำแหน่งที่สลับกัน ดังตัวอย่าง Na^{1+} อิออน (Na^{+}) มีประจุไฟฟ้า 1+ มีค่าเลขออกซิเดชัน +1 Mg^{2+} อิออน มีประจุไฟฟ้า 2+ มีค่าเลขออกซิเดชัน +2 Br^{1-} อิออน(Br^{-}) มีประจุไฟฟ้า 1- มีค่าเลขออกซิเดชัน -1 ดังนั้น Al^{3+} อิออน มีค่าเลขออกซิเดชัน เป็น _____
+3	24. ในทำนองเดียวกัน สำหรับอิออนที่ประกอบด้วยอะตอมมากกว่าหนึ่งชนิด นั้น ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดในอิออน เท่ากับ ประจุไฟฟ้าของอิออนนั้น แต่เครื่องหมายอยู่สลับที่กัน ตัวอย่างเช่น SO_4^{2-} อิออน มีประจุไฟฟ้า 2- ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดในอิออน เท่ากับ -2 PO_4^{3-} อิออน มีประจุไฟฟ้า 3- ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดในอิออน เท่ากับ - 3 ถ้า NH_4^{+} อิออน มีประจุไฟฟ้าเป็น 1+ ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด เท่ากับ _____

+1	25. ค่าเลขออกซิเดชันของออกซิเจน ในสารประกอบทั่วไป ออกซิเจน มีเลขออกซิเดชัน เป็น –2 ยกเว้นในสารประกอบเปอร์ออกไซด์ เช่น H_2O_2, BaO_2 ออกซิเจนมีเลขออกซิเดชัน เป็น –1 เลขออกซิเดชันของออกซิเจนใน_____ มีค่าเป็น –2 เลขออกซิเดชันของออกซิเจนใน_____ มีค่าเป็น –1
สารประกอบทั่วไป สารประกอบเปอร์ออกไซด์	26. เลขออกซิเดชันของออกซิเจนที่อยู่ในสารประกอบทั่วไป มีค่าเป็น –2 ยกเว้นในสารประกอบเปอร์ออกไซด์แล้ว ยังมีข้อยกเว้นอีกประการหนึ่ง คือ สารประกอบ F_2O เท่านั้น ที่เลขออกซิเดชันของออกซิเจน มีค่าเป็น +2 ทั้งนี้ เพราะ F มีค่าอิเลกโตรเนกาติวิตีสูงกว่าออกซิเจน ค่าเลขออกซิเดชันของออกซิเจนในสารประกอบ F_2O เป็น _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

+2	27. ในสารประกอบทั่วไป เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจนเป็น +1 แต่ในสารประกอบโลหะไฮไดรด์ เช่น NaH, CaH_2 เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจน จะเป็น -1 นั่นคือ เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจนใน_____ มีค่าเป็น +1 ยกเว้นเลขออกซิเดชันของไฮโดรเจนใน_____ มีค่าเป็น -1
สารประกอบทั่วไป สารประกอบโลหะไฮไดรด์	28. ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด เท่ากับ 0 ตัวอย่างเช่น ในสารประกอบ MgO เลขออกซิเดชันของ Mg เท่ากับ +2 เลขออกซิเดชันของ O เท่ากับ -2 ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอม Mg กับอะตอม O = (+2) + (-2) = 0 ผลบวกของ _____ ในสารประกอบใด ๆ = 0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด	29. กำหนดค่าเลขออกซิเดชัน มีดังนี้ 1. เลขออกซิเดชัน มีค่าเป็นบวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับ ค่าอิเลกโตรเนกาติวิตี เปรียบเทียบระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบนั้น ๆ 2. ธาตุอิสระ หรือ โมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุที่มีค่าอิเลกโตรเนกาติวิตีเท่ากัน มีค่าเลขออกซิเดชันเป็น 0 3. เลขออกซิเดชันของอิออน จะมีค่าเท่ากับประจุไฟฟ้าของอิออนโดยเครื่องหมายอยู่สลับที่กัน 4. เลขออกซิเดชันของออกซิเจนในสารประกอบทั่วไป เป็น - 2 ยกเว้นในสารประกอบเปอร์ออกไซด์ เลขออกซิเดชันของออกซิเจน เป็น -1 ในสารประกอบ F_2O เลขออกซิเดชันของออกซิเจน เป็น + 2 5. ในสารประกอบทั่วไป เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจน มีค่าเป็น + 1 แต่ในสารประกอบโลหะไฮไดรด์ เลขออกซิเดชันของไฮโดรเจน มีค่าเป็น - 1 6. ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดของอิออนเท่ากับ ประจุไฟฟ้าจริงของอิออน 7. ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด เท่ากับ 0

30.

การคำนวณหาค่าเลขออกซิเดชันของอะตอมภายในสารประกอบ อาจหาได้โดยอาศัยข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น

ตัวอย่าง การหาค่าเลขออกซิเดชันของอะตอม S ในสารประกอบ SO_2

สมมติให้ เลขออกซิเดชันของ S = x

จากข้อกำหนดที่ว่า เลขออกซิเดชันของ O ในสารประกอบทั่วไป = − 2

และ SO_2 ประกอบด้วย O 2 อะตอม

ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด = 0

ดังนั้น เลขออกซิเดชันของ S + เลขออกซิเดชันของ O 2 อะตอม = 0

$$x + (-2) + (-2) = 0$$

$$x - 4 = 0$$

$$x = +4$$

เลขออกซิเดชันของ S ในสารประกอบ SO_2 = +4

จากตัวอย่างนี้ ข้อกำหนดค่าเลขออกซิเดชัน ที่นำมาใช้ ได้แก่

1. _____

2. _____

1.ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด = 0 2.เลขออกซิเดชันของ O ในสารประกอบทั่วไป = − 2	31. การหาค่าเลขออกซิเดชัน ของ Fe ใน $FeCl_3$ ขั้นแรก สมมติให้ _____ = x
เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3$	32. การหาเลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3$ ขั้นแรก สมมติให้ เลขออกซิเดชันของ Fe = x ขั้นที่สอง พิจารณาอะตอมอื่นที่ประกอบในสารประกอบ พบว่า มี Cl 3 อะตอม และเนื่องจาก $FeCl_3$ เป็นสารประกอบไอออนิก แตกตัวให้ Cl^- ไอออน Cl^- ไอออน มีประจุไฟฟ้า 1 − มีเลขออกซิเดชันเป็น _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

– 1	33. การหาเลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3$ ขั้นแรก สมมติให้ เลขออกซิเดชันของ Fe = x ขั้นที่สอง พิจารณาอะตอมอื่นที่ประกอบในสารประกอบ ปรากฏว่า $FeCl_3$ มี Cl^- อิออนอยู่ 3 ตัว และ Cl^- อิออน มีเลขออกซิเดชัน เป็น – 1 ขั้นที่สาม แถลงข้อกำหนดที่ว่า ในสารประกอบใด ๆ _____ _____ = 0
ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด	34. การหาเลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3$ ขั้นแรก สมมติให้ เลขออกซิเดชันของ Fe = x ขั้นที่สอง พิจารณาอะตอมอื่นที่ประกอบในสารประกอบ พบว่า มี Cl^- อิออน 3 อิออน มีเลขออกซิเดชันเป็น – 1 ขั้นที่สาม แถลงข้อกำหนด ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด = 0 ขั้นที่สี่ แทนค่าและคำนวณหาค่า x เลขออกซิเดชันของ Fe + เลขออกซิเดชันของ Cl^- อิออน 3 อิออน = 0 $x + 3(-1) = 0$ $x - 3 = 0$ $x = +3$ ∴ Fe ใน $FeCl_3$ มีเลขออกซิเดชันเป็น _____

+ 3	35. การหาค่าเลขออกซิเดชันของ Cr ใน K_2CrO_4 ขั้นที่หนึ่ง สมมติให้เลขออกซิเดชันของ Cr = x ขั้นที่สอง K มีเลขออกซิเดชัน = + 1 และมี K 2 อะตอม O มีเลขออกซิเดชัน = -2 และมี O 4 อะตอม ขั้นที่สาม _____ ขั้นที่สี่ _____ _____ _____ x= _____ ∴ Cr ใน K_2CrO_4 มีเลขออกซิเดชันเป็น _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1)ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด = 0 2)เลขออกซิเดชันของ K 2 อะตอม + เลขออกซิเดชันของ Cr + เลขออกซิเดชันของ O 4 อะตอม = 0 3)2(+1)+x +4(-2) = 0 4) 2+ x - 8 = 0 5) x = + 6 6) + 6	36. ถ้าเลขออกซิเดชันของ K ในสารประกอบ KI เป็น+ 1 เลขออกซิเดชันของ I ในสารประกอบ KI เป็น _____
- 1	37. เลขออกซิเดชันของ I ในสารประกอบ KIO = _____ เลขออกซิเดชันของ I ในสารประกอบ KIO_4 = _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

+ 1 + 7	38. สำหรับ การหาค่าเลขออกซิเดชันของอะตอมในอิออน อาศัยข้อกำหนดที่ว่า ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดของอิออน เท่ากับ ประจุไฟฟ้าจริงของอิออน หลักสำคัญในการหาค่าเลขออกซิเดชันของอะตอมในอิออน คือ _____
ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดของอิออน เท่ากับ ประจุไฟฟ้าจริงของอิออน	39. การหาค่าเลขออกซิเดชันของอะตอมในอิออน กับการหาค่าเลขออกซิเดชันของอะตอมในสารประกอบ ต่าง กันที่ในสารประกอบใด ๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด เท่ากับ 0 แต่ในอิออน ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด เท่ากับ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจุไฟฟ้าจริงของอิออน	40. ตัวอย่าง การหาค่าเลขออกซิเดชันของ S ใน SO_4^{2-} อิออน ขั้นที่หนึ่ง สมมติให้เลขออกซิเดชันของ S ใน SO_4^{2-} อิออน = x ขั้นที่สอง พิจารณาอะตอมอื่นของอิออน ปรากฏว่า มี O 4 อะตอม O มีเลขออกซิเดชันทั่วไป เป็น - 2 ขั้นที่สาม สำหรับอิออน ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด เท่ากับ ประจุไฟฟ้าของอิออน ดังนั้น เลขออกซิเดชันของ S + เลขออกซิเดชันของ O 4 อะตอม เท่ากับ - 2 $x + 4(-2) = -2$ $x - 8 = -2$ $x = +6$ เลขออกซิเดชันของ S ใน SO_4^{2-} อิออน เป็น _____
+6	41. การหาเลขออกซิเดชันของ Ag ใน $Ag(NH_3)_4Cl$ $Ag(NH_3)_4Cl$ จะแตกตัวเป็น $Ag(NH_3)_4^+$ กับ Cl^- อิออน ดังนั้น การหาเลขออกซิเดชันของ Ag อาจหาได้จาก _____ อิออน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Ag(NH_3)_4^+$	42. การหาเลขออกซิเดชันของ Ag ใน $Ag(NH_3)_4^+$ อิออน 1. สมมติให้เลขออกซิเดชันของ Ag = x 2. เลขออกซิเดชันของ NH_3 = 0 และ มี NH_3 อยู่ 4 โมเลกุล 3. ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดในอิออน เท่ากับ ประจุไฟฟ้าของอิออน 4. แทนค่า _____ = _____ _____ = _____ x = _____ เลขออกซิเดชันของ Ag ใน $Ag(NH_3)_4^+$ อิออน เป็น _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เลขออกซิเดชัน Ag + เลขออกซิเดชันของ NH_3 4 โมเลกุล = + 1

2. x + 4(0)=+1

3. x = + 1

4. + 1

43.

ถ้า K_4 Fe$(CN)_6$ แตกตัวเป็นอิออนได้ K^+ อิออน กับ Fe $(CN)_6^{4-}$ อิออน จงหาเลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_4Fe(CN)_6$ โดยที่ CN^- มีเลขออกซิเดชันเป็น − 1

1. _____

_____

2. _____

_____

3. _____

_____

4. _____

_____

5. _____

_____

= _____

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_4Fe(CN)_6$

= _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

44.

สำหรับสารประกอบที่แตกตัวเป็นอิออน อาจหาเลขออกซิเดชันของธาตุใด ๆ ในสารประกอบนั้น จากอิออนได้

ถ้า $K_3Fe(CN)_6$ แตกเป็นอิออนได้ K^+ อิออน และ $Fe(CN)_6^{3-}$ อิออน

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_3Fe(CN)_6$ เป็น_____

1. –สมมติให้เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $Fe(CN)_6^{4-}$ = x
2. –มี CN^- อิออนอยู่ 6 อิออน แต่ละอิออนมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -1
3. –ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมดในอิออน = ประจุไฟฟ้าของอิออน
4. –เลขออกซิเดชันของ Fe เลขออกซิเดชันของ CN^- 6 อิออน

   = -4

   x + 6(-1)

   = - 4
5. + 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

+ 3	45. เลขออกซิเดชันของ I ใน KI = - 1 เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3$ = +3 เลขออกซิเดชันของ S ใน SO_4^{2-} = + 6 จะเห็นได้ว่า เลขออกซิเดชันของอะตอมของธาตุในสารประกอบ มีค่าเป็น _____ หรือ _____ ก็ได้
บวก ลบ	46. เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3$ = + 3 เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_3Fe(CN)_6$= +3 เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_4Fe(CN)_6$= +2 นั่นคือ เลขออกซิเดชันของธาตุเดียวกันในสารประกอบหรืออิออนที่ต่างกันอาจมีค่า _____ หรือ _____ ก็ได้
เท่ากัน ต่างกัน	47. โดยการพิจารณาเลขออกซิเดชันของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาเคมี อาจจำแนกปฏิกิริยาเคมีออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1. ปฏิกิริยาเคมีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชันของสารที่เข้าร่วมในปฏิกิริยา 2. ปฏิกิริยาเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชันของสารที่เข้าร่วมในปฏิกิริยา การจำแนกปฏิกิริยาเคมี ดังข้างต้น อาศัย _____ _____ ของสารที่เข้าร่วมในปฏิกิริยาเป็นเกณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปลี่ยนแปลงของค่าเลขออกซิเดชัน	48. หากพิจารณาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุหรืออิออนต่าง ๆ ในสารที่เข้าทำปฏิกิริยาต่อไปนี้ $AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl + NaNO_3$ ธาตุ/อิออน — เลขออกซิเดชันก่อนทำปฏิกิริยา — เลขออกซิเดชันหลังทำปฏิกิริยา Ag^+ — + 1 — + 1 NO_3^- — - 1 — - 1 Na^- — + 1 — + 1 Cl^- — - 1 — - 1 พบว่า ค่าเลขออกซิเดชันของธาตุหรืออิออนต่าง ๆ ในสารที่เข้าทำปฏิกิริยานี้ _____
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	49. พิจารณาค่าเลขออกซิเดชันของธาตุหรืออิออนต่าง ๆ ในสารที่เข้าทำปฏิกิริยานี้ $H_2 + S \longrightarrow H_2S$ ธาตุ/อิออน — เลขออกซิเดชันก่อนทำปฏิกิริยา — เลขออกซิเดชันหลังทำปฏิกิริยา H — 0 — _____ S — 0 — _____ พบว่า เลขออกซิเดชันของ H และ S _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

+ 1 − 2 มีการเปลี่ยนแปลง	50. ปฏิกิริยา $H_2 + S \longrightarrow H_2S$ มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชันของธาตุ H และ S ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชัน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน − รีดักชัน หรือ ปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนั้น ปฏิกิริยา $H_2 + S \longrightarrow H_2S$ เป็น _____ หรือ _____
ปฏิกิริยาออกซิเดชัน −รีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์	51. ปฏิกิริยาเหล่านี้ 1. $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$ 2. $Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl_{(s)}$ 3. $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$ ปฏิกิริยาที่เป็น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชัน คือ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

52.

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชันของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา โดยที่เมื่อมีการเพิ่มเลขออกซิเดชัน ถือว่า เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น

ปฏิกิริยา $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$

เลขออกซิเดชัน $+3 \quad -2 \quad +2 \quad 0$

ปฏิกิริยานี้ มีค่าเลขออกซิเดชันของ Fe และ S เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลง

Fe เปลี่ยนค่าเลขออกซิเดชัน จาก +3 เป็น +2

S เปลี่ยนค่าเลขออกซิเดชัน จาก − 2 เป็น 0

(มีค่าเพิ่มขึ้น)

ปฏิกิริยา $H_2S \longrightarrow S$ จัดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

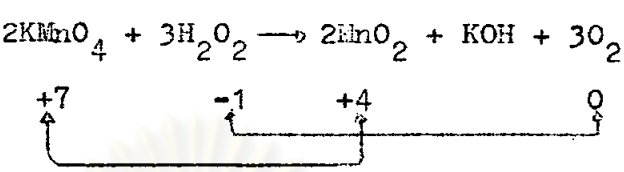
$-2 \quad 0$

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ _____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันในทางเพิ่มขึ้น	53. ปฏิกริยา $2FeCl_3 + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ เลขออกซิเดชัน +3 −2 +2 0 Fe และ S มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชัน จึงจัดว่าเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน และเมื่อใดที่มีการลดค่าเลขออกซิเดชัน ถือว่าเป็นปฏิกริยารีดักชัน Fe เปลี่ยนค่าเลขออกซิเดชันจาก +3 เป็น +2 (ค่าลดลง) ปฏิกิริยา $FeCl_3 \longrightarrow FeCl_2$ จัดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน (+3 และ +2) ปฏิกิริยารีดักชัน คือ _____ _____
ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันในทางลดลง	54. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยารีดักชัน จะต้องเกิดขึ้นพร้อมกันในปฏิกิริยารีดอกซ์ $2FeCl_3 + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ +3 −2 +2 0 เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เลขออกซิเดชันลดลง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ประกอบด้วย _____ และ _____

ปฏิกริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน	55. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้  ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ _____ ปฏิกิริยารีดักชัน ได้แก่ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$H_2O_2 \longrightarrow O_2$

$KMnO_4 \longrightarrow MnO_2$

56.

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยารีดักชัน จะต้องเกิดขึ้นพร้อมกันในปฏิกิริยารีดอกซ์

<u>ค่าเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น จะต้องเท่ากับ ค่าเลขออกซิเดชันที่ลดลง</u>

ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาระหว่าง $FeCl_3$ กับ H_2S

$$2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

$$+3 \qquad -2 \qquad +2 \qquad 0$$

Fe เปลี่ยนค่าเลขอ็อกซิเดชันจาก +3 เป็น +2 เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เพราะว่าค่าเลขออกซิเดชันลดลง

<u>ค่าเลขออกซิเดชันที่ลดลงของ Fe ทั้งหมด</u>

= จำนวนอะตอม [ค่าเลขออกซิเดชันก่อนปฏิกิริยา − หลังปฏิกิริยา]

= 2 [(+3) − (+2)]

= 2

S เปลี่ยนค่าเลขออกซิเดชันจาก − 2 เป็น 0 เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพราะค่าเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

<u>ค่าเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นของ S ทั้งหมด</u>

= จำนวนอะตอม [ค่าเลขออกซิเดชันหลังปฏิกิริยา − ก่อนปฏิกิริยา]

= 1 [(0) − (− 2)]

= 2

ดังนั้น ในปฏิกิริยารีดอกซ์ _____

_____

ค่าเลขออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดจะต้องเท่ากับ ค่าเลขออกซิเดชันที่ลดลงทั้งหมด	57. ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็น ปฏิกิริยาเคมีที่อะตอมของธาตุหรืออะตอมในสารประกอบ มีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขออกซิเดชัน โดยที่เมื่อมีการเพิ่มค่าเลขออกซิเดชัน จัดเป็น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อมีการลดค่าเลขออกซิเดชัน จัดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน ลักษณะเช่นนี้ เป็นการใช้ _____ ประกอบการพิจารณาว่า ปฏิกิริยาใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
ค่าเลขออกซิเดชัน	58. หากพิจารณาปฏิกิริยารีดอกซ์ ในด้านที่เกี่ยวกับอิเลกตรอน ปฏิกิริยารีดอกซ์ หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชัน เป็น<u>ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอน</u> คือ มีการให้และการรับอิเลกตรอน ในแง่อิเลกตรอน ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็น _____ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลก-ตรอน	59. ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลก-ตรอน โดยที่ เมื่อมีการเสียอิเลกตรอน จัดเป็น ปฏิกิริยาออก-ซิเดชัน เช่น ในปฏิกิริยารีดอกซ์ของ $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ +3 -2 +2 0 S^{2-} อิออนใน H_2S เปลี่ยนเป็น S จะเห็นว่า S^{2-} อิออน เสียอิเลกตรอน ไป 2 ตัว ดังนี้ $S^{2-} \longrightarrow S+2\bar{e}$ ทำให้ S ที่เกิดขึ้นเป็นกลางทางไฟฟ้า ดังนั้น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ ปฏิกิริยาที่สาร _____
เสียอิเลกตรอนไป	60. ในปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอนนั้น เมื่อใดมีการรับอิเลกตรอนเกิดขึ้น จัดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน ตัวอย่าง เช่น ในปฏิกิริยารีดอกซ์ $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ +3 -2 +2 0 Fe ใน $FeCl_3$ เป็น Fe^{3+} อิออน กลายเป็น Fe^{2+} อิออน โดยที่ Fe^{3+} อิออน ได้รับอิเลกตรอนเข้ามา 1 ตัว ทำให้เป็นกลางกับประจุบวก 1 ตัว Fe จึงเป็นบวกลดลง ดังนี้ $Fe^{3+} + \bar{e} \longrightarrow Fe^{2+}$ ปฏิกิริยารีดักชัน คือ ปฏิกิริยาที่สาร _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รับอิเลกตรอน	61. ในปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอน จะมีการเสียและการรับอิเลกตรอนเกิดขึ้นพร้อมกัน ส่วนที่เกิดการเสียอิเลกตรอน เรียกว่า เป็นปฏิกิริยา _____ ส่วนที่มีการรับอิเลกตรอน เรียกว่า เป็น ปฏิกิริยา _____ _____
ออกซิเดชัน รีดักชัน	62. ในปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งมีการถ่ายเทอิเลกตรอนเกิดขึ้น จำนวนอิเลกตรอนที่สารหนึ่งเสียไป จะต้องเท่ากับ จำนวนอิเลกตรอนที่อีกสารหนึ่งได้รับเข้ามา เช่น $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ +3 -2 +2 0 $Fe^{3+} + \bar{e} \longrightarrow Fe^{2+}$ เกิดการรับอิเลกตรอน 1 ตัว แต่มี Fe^{3+} อยู่ 2 อิออน ดังนั้น จึงมีการรับอิเลกตรอน 2 ตัว ส่วน $S^{2-} \longrightarrow S + 2\bar{e}$ เกิดการเสียอิเลกตรอน 2 ตัว นั่นคือ ในปฏิกิริยารีดอกซ์ _____ เท่ากับ _____
จำนวนอิเลกตรอนที่เสียไป, จำนวนอิเลกตรอนที่ได้รับ	63. ปฏิกิริยา $Fe^{3+} + Cu^{+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu^{2+}$ สมการที่แสดงปฏิกิริยารีดักชัน คือ _____

$Fe^{3+} + \bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$	64. ปฏิกิริยา $Fe^{3+} + Cu^{+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu^{2+}$ $Fe^{3+} + e \longrightarrow Fe^{2+}$ (Fe^{3+} อิออนได้รับอิเล็กตรอน) เลขออกซิเดชัน +3 $\longrightarrow$ +2 (ลดลง) เมื่อ Fe^{3+} อิออน ได้รับอิเล็กตรอนเข้ามา ปรากฏว่า เลขออกซิเดชันลดลง ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนมีค่าเลขออกซิเดชันลดลง คือ ปฏิกิริยารีดักชัน ในขณะเดียวกัน ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนรับอิเล็กตรอนเข้ามาก็เป็น ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดักชัน คือ _____ หรือ _____
ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนมีเลขออกซิเดชันลดลง, ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนรับอิเล็กตรอนเข้ามา	65. ปฏิกิริยา $Fe^{3+} + Cu^{+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu^{2+}$ $Cu^{+} \rightarrow Cu^{2+} + \bar{e}$ Cu^{+}อิออน เสียอิเล็กตรอน หากพิจารณาค่าเลขออกซิเดชัน ที่เปลี่ยนจาก +1 $\longrightarrow$ +2 ปรากฏว่า เลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออน เสียอิเล็กตรอน เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนมีค่าเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ก็เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ _____ หรือ _____

ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนมีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น, ปฏิกิริยาที่อะตอมหรืออิออนเสียอิเลกตรอน	66. ในปฏิกิริยารีดอกซ์ หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน ตัวออกซิไดส์ คือ สารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในปฏิกิริยา $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ (ออกซิเดชัน) $FeCl_3$ เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้น $FeCl_3$ เป็น _____
ตัวออกซิไดส์	67. จากปฏิกิริยา $\overset{+3}{2FeCl_3} + \overset{-2}{H_2S} \longrightarrow \overset{+2}{2FeCl_2} + 2HCl + \overset{0}{S}$ $FeCl_3$ เป็นสารทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน $H_2S \longrightarrow S$ จึงเป็นตัวออกซิไดส์ หากพิจารณา $FeCl_3$ ในปฏิกิริยานี้ จะเห็นว่า $FeCl_3$ มีอะตอม Fe ซึ่งมีค่าเลขออกซิเดชันลดลง จาก + 3 เป็น + 2 ดังนั้น ตัวออกซิไดส์ $FeCl_3$ เป็นสารทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และยังเป็นสารที่มีอะตอมที่ค่าเลขออกซิเดชัน _____ ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลดลง	68. ปฏิกิริยา $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCL + S$ $FeCl_3$ เป็นตัวออกซิไดส์ ทำให้เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน $H_2S \longrightarrow S$ ถ้าพิจารณา $FeCl_3$ ในด้านการถ่ายเทอิเลกตรอน ปรากฏว่า $Fe^{3+} + \bar{e} \longrightarrow Fe^{2+}$ $FeCl_3$ เป็นสารที่รับอิเลกตรอนไว้ ดังนั้น ตัวออกซิไดส์คือ สารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา_____ ในปฏิกิริยารีดอกซ์ หรือ สารที่มีอะตอมที่มีค่าเลขออกซิเดชัน _____หรือ สารที่_____ _____
ออกซิเดชัน ลดลง รับอิเลกตรอนไว้	69. ในปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวส์ คือสารที่ทำให้เกิด ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยา $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ +3 ← รีดักชัน → +2 H_2S เป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ดังนั้น H_2S เป็น_____

ตัวรีดิวส์	70. จากปฏิกิริยา $2\ FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ +3 −2 +2 0 รีดักชัน H_2S เป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน $FeCl_3 \longrightarrow FeCl_2$ หันมาพิจารณา H_2S ในด้านค่าเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่า อะตอม S มีค่าเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น จาก − 2 เป็น 0 ดังนั้น นอกจาก ตัวรีดิวส์ H_2S จะเป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาร์ดักชันแล้ว ยังเป็นสารที่มีอะตอมที่มีค่าเลขออกซิเดชัน _____ อีกด้วย
เพิ่มขึ้น	71. จากปฏิกิริยา $2FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$ จะได้ว่า H_2S เป็นตัวรีดิวส์ ถ้าพิจารณา ตัวรีดิวส์ H_2S ในด้านการถ่ายเทอิเลกตรอน พบว่า $S^{2-} \longrightarrow S^0 + 2\bar{e}$ คือ H_2S เสียอิเลกตรอนไป สรุป ตัวรีดิวส์ คือ สารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา _____ ในปฏิกิริยารีดอกซ์ หรือ สารที่มีอะตอมที่มีค่าเลขออกซิเดชัน_____ หรือ สารที่ _____

รีดักชัน เพิ่มขึ้น เสียอิเลกตรอนไป	72. ตามที่กล่าวมาแล้ว ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นพร้อมกัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน จึงเป็นปฏิกิริยาระหว่าง _____ และ _____
ตัวออกซิไดส์ ตัวรีดิวส์	73. สารทั้งสารที่อาจเป็นโมเลกุล อะตอม หรืออิออน เป็น ตัวรีดิวส์ หรือ ตัวออกซิไดส์ มิใช่มุ่งเฉพาะอะตอมที่มีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น จากปฏิกิริยา $\overset{+2}{SnCl_2} + 2FeCl_3 \longrightarrow \overset{+4}{SnCl_4} + 2FeCl_2$ ตัวออกซิไดส์ ได้แก่ _____
$FeCl_3$	74. ปฏิกิริยา $Zn + 2Ag^+ \longrightarrow 2Ag + Zn^{2+}$ ตัวออกซิไดส์ ได้แก่ _____ ตัวรีดิวซ์ ได้แก่ _____
Ag^+ Zn	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	75. เมื่อผสมสาร 2 ชนิดเข้าด้วยกัน ปรากฏว่า สารทั้งสองเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้น กล่าวได้ว่า สารทั้งสองทำปฏิกิริยากัน ถ้าจุ่มแท่งทองแดง (Cu) ลงในสารละลาย $AgNO_3$ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ดังนี้ – สีของสารละลาย $AgNO_3$ เปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงิน – แท่งทองแดง (Cu) กร่อนไป – มีโลหะเงิน (Ag) เกิดขึ้นเกาะอยู่ที่แท่งทองแดง ดังนั้น แสดงว่า แท่งทองแดง (Cu) และสารละลาย $AgNO_3$ _____
ทำปฏิกิริยากัน	76. เมื่อจุ่มแท่งทองแดง ลงในสารละลาย $AgNO_3$ เกิดการเปลี่ยนแปลงประการแรก ดังนี้ <u>สีของสารละลาย $AgNO_3$ เปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงิน</u> แสดงว่า <u>เกิดมี Cu^{2+} อิออนในสารละลาย</u> การเกิด _____ ทำให้สารละลาย $AgNO_3$ เปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงิน

Cu^{2+} อิออน	77. เมื่อจุ่มแท่งทองแดงลงในสารละลาย $AgNO_3$ การเปลี่ยนแปลงประการที่สอง คือ แท่งทองแดงกร่อนไป และในขณะเดียวกัน มี Cu^{2+} อิออนเกิดขึ้น อธิบายได้ว่า โดยปกติอะตอมของโลหะทองแดงเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อมีการเสียอิเลกตรอนไปจะให้ Cu^{2+} อิออน ดังสมการ $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\bar{e}$ Cu เป็น สัญญลักษณ์ของโลหะทองแดง Cu^{2+} เป็น สัญญลักษณ์ของ Cu^{2+} อิออน $\bar{e}$ เป็น อิเลกตรอน ถ้าทองแดงทำปฏิกิริยากับสารละลาย $AgNO_3$ _____ เสียอิเลกตรอน กลายเป็น _____ อยู่ในสารละลาย แท่งทองแดงจึงกร่อนไป
โลหะทองแดง Cu^{2+} อิออน	78. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการจุ่มทองแดงลงในสารละลาย $AgNO_3$ อีกประการหนึ่ง คือ มีโลหะเงิน (Ag) เกิดขึ้นที่แท่งทองแดง อธิบายปรากฏการณ์นี้ได้ว่า โลหะเงิน (Ag) มาจาก Ag^+ อิออนในสารละลาย $AgNO_3$ โดย Ag^+ อิออนได้รับอิเลกตรอนเข้ามา เพื่อให้กลายเป็นอะตอมโลหะเงิน ดังสมการ : $Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag$ โลหะเงิน เกิดจาก_____ในสารละลาย $AgNO_3$ ได้รับอิเลกตรอน

Ag^+ อิออน	79. ในการจุ่มทองแดงลงในสารละลาย $AgNO_3$ อะตอมทองแดงเสียอิเลกตรอนไป เกิดเป็น Cu^{2+} อิออน $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\bar{e}$ ส่วน Ag^+ อิออนในสารละลายได้รับอิเลกตรอนกลายเป็น โลหะเงิน $Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag$ โลหะทองแดง เสียอิเลกตรอนให้แก่ Ag^+ อิออน ปฏิกิริยาระหว่างทองแดงกับ Ag^+ อิออนในสารละลาย $AgNO_3$ มีการถ่ายเทอิเลกตรอน ดังนั้น ปฏิกิริยา เป็น_____
ปฏิกิริยารีดอกซ์	80. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Cu กับ Ag^+อิออนในสารละลาย $AgNO_3$ เขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาย่อยและปฏิกิริยารวมได้ดังนี้ $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\bar{e}$ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน $2Ag^+ + 2\bar{e} \longrightarrow 2Ag$ ปฏิกิริยารีดักชัน $Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$ ปฏิกิริยารวม สมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Cu กับ สารละลาย $AgNO_3$ ซึ่งมี Ag^+ อิออนอยู่ คือ_____

$Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$	81. ปฏิกิริยา $Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$ เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวส์ ในปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ สารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ตัวออกซิไดส์ในปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ สารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในปฏิกิริยาดังกล่าว ตัวรีดิวส์ ได้แก่ _____ ตัวออกซิไดส์ ได้แก่ _____
Cu Ag^+	82. ปฏิกิริยาที่เกิดจากการจุ่มแท่งทองแดง (Cu) ลงในสารละลาย $AgNO_3$ เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ : $Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$ Cu เป็น โลหะ Ag^+ อิออน เป็น อิออนของโลหะ สรุปได้ว่า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ระหว่าง _____ กับ _____ เป็น ปฏิกิริยารีดอกซ์

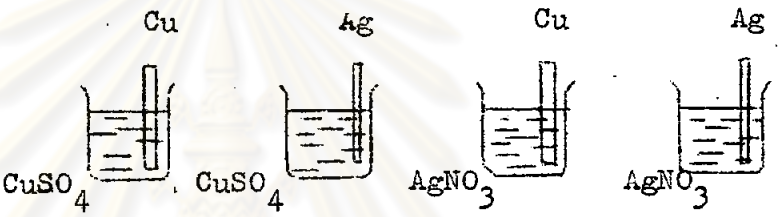
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โลหะ
อิออนของโลหะ

83.

ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายที่มีอิออนของโลหะ

นำแท่งโลหะทองแดง (Cu) และโลหะเงิน(Ag) จุ่มลงในสารละลาย $CuSO_4$ และสารละลาย $AgNO_3$ ดังรูป



ในสารละลาย $CuSO_4$ มี Cu^{2+} อิออน และในสารละลาย $AgNO_3$ มี Ag^+ อิออน ปรากฏว่า <u>โลหะทองแดงทำปฏิกิริยากับสารละลาย $AgNO_3$ เท่านั้น</u> ที่เหลือไม่เกิดปฏิกิริยา

โลหะ กับสารละลายที่มีอิออนของโลหะ _____ ทำปฏิกิริยากันเสมอไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

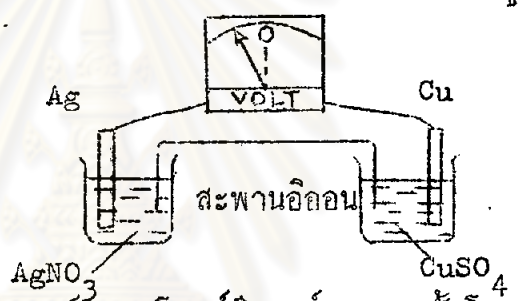
ไม่	84. โลหะทองแดงทำปฏิกิริยากับสารละลาย $AgNO_3$ ดังสมการ $Cu + 2Ag^{+} \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$ Ag^{+} อิออนชิงอิเลกตรอนจาก Cu โลหะเงิน ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย $CuSO_4$ $Ag + Cu^{2+} \not\longrightarrow$ ไม่เกิดปฏิกิริยา แสดงว่า <u>Cu^{2+}อิออน ไม่สามารถชิงอิเลกตรอนจาก Ag ได้</u> ดังนั้น ความสามารถของอิออนของโลหะในการ _____ จากธาตุ ย่อมไม่เท่ากัน
ชิงอิเลกตรอน	85. อิออนของโลหะ มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนจากธาตุได้แตกต่างกัน สมการต่อไปนี้ แสดงความสามารถในการชิงอิเลกตรอนของอิออนของโลหะโดยเรียงตามลำดับจาก<u>มากไปหาน้อย</u> $Ag^{+} + \bar{e} \longrightarrow Ag$ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$ $Mg^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Mg$ ในที่นี้ _____ มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้มากที่สุด _____ มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้น้อยที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ag^+ อิออน Mg^{2+} อิออน	86. $Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag$ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ ในขณะที่ Ag^+ อิออน ชิงอิเลกตรอนได้ดีกว่า Cu^{2+} อิออน โลหะเงิน(Ag) มีแนวโน้มที่จะเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่า โลหะทองแดง (Cu) เมื่ออิออนของโลหะใดสามารถชิงอิเลกตรอนได้ดี โลหะนั้นย่อมเสียอิเลกตรอนได้ _____
ยาก	87. เนื่องจาก ในปฏิกิริยารีดอกซ์ <u>สารที่มีอะตอมที่เสียอิเลกตรอน</u> จัดเป็น<u>ตัวรีดิวส์</u> เมื่อโลหะเงินเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าโลหะทองแดง ระหว่างโลหะเงินกับโลหะทองแดง ตัวรีดิวส์ที่ดีกว่า คือ _____
โลหะทองแดง (Cu)	88. ในปฏิกิริยารีดอกซ์ <u>สารที่มีอะตอมที่รับอิเลกตรอนเข้ามา</u> จัด<u>เป็นตัวออกซิไดส์</u> ถ้า Ag^+ อิออน มีความสามารถในการรับอิเลกตรอน (ชิงอิเลกตรอน) ได้ดีกว่า Cu^{2+} อิออน ในระหว่าง Ag^+ อิออน กับ Cu^{2+} อิออน ตัวออกซิไดส์ที่ดีกว่า คือ _____

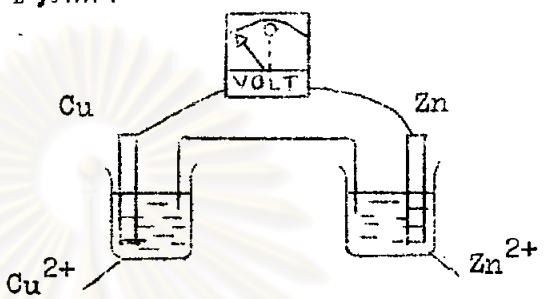
Ag^+ อิออน	89 จากการทดลองได้ข้อมูลว่า โลหะนิเกิล ทำปฏิกิริยากับ H^+ H^+ อิออน ได้ก๊าซ H_2 เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้ดังนี้ $Ni + 2H^+ \longrightarrow Ni^{2+} + H_2$ ระหว่าง Ni^{2+} อิออน กับ H^+ อิออน_____ มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้ดีกว่า จึงทำให้เกิดก๊าซ H_2 ขึ้น
H^+ อิออน	90. ในปฏิกิริยา $Ni + 2H^+ \longrightarrow Ni^{2+} + H_2$ _____เป็นตัวออกซิไดส์ _____เป็นตัวรีดิวส์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

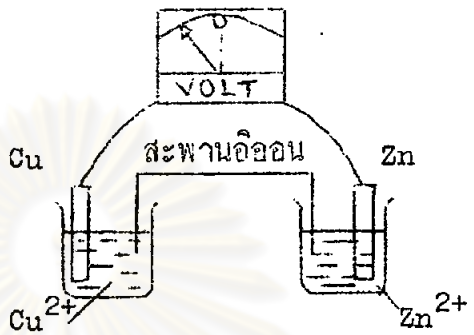
H^+ อิออน โลหะนิเกิล (Ni)	91. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายที่มีอิออนของโลหะ เช่น Cu กับสารละลาย $AgNO_3$ เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอน เราอาจแสดงให้เห็นว่า มีการถ่ายเทอิเลกตรอนได้ โดยจัดให้ทองแดงกับ Ag^+ อิออน ไม่สัมผัสกันโดยตรง แล้วนำโวลต์มิเตอร์ที่เข็มเบนตามทิศทางการไหลของอิเลกตรอน มาเชื่อมกับโลหะทั้งสอง มีสะพานอิออนให้ครบวงจร ดังรูป  เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วโลหะทองแดงไปยังขั้วโลหะเงิน และเมื่อทิ้งไว้สักครู่ พบว่า ในบีเกอร์ที่มีสารละลาย $CuSO_4$ และแผ่นทองแดงจุ่มอยู่มีสีน้ำเงินเกิดขึ้นรอบ ๆ แผ่นทองแดงส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย โวลต์มิเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดที่เข็มเบนตามทิศทางการไหลของอิเลกตรอน ดังนั้น เมื่อเข็มของโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วโลหะทองแดงไปยังขั้วโลหะเงิน แสดงว่า อิเลกตรอนไหลจากขั้วโลหะทองแดงไปยังขั้วโลหะเงิน โดยที่อิเลกตรอนเกิดจากการที่ Cu กลายเป็น Cu^{2+} อิออน ผ่านไปตามลวดตัวนำไปยังโลหะเงิน สิ่งที่แสดงถึง การถ่ายเทอิเลกตรอน ในปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายที่มีอิออนของโลหะ ในการทดลองนี้ คือ _____

การเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์	92. เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับโลหะ 2 แท่ง ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีอิออนของโลหะนั้น และเชื่อมสารละลายทั้งสองด้วย สะพานอิออนแล้ว เรียกเซลแบบนี้ว่า เป็น เซลไฟฟ้าเคมี เซลไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วย 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

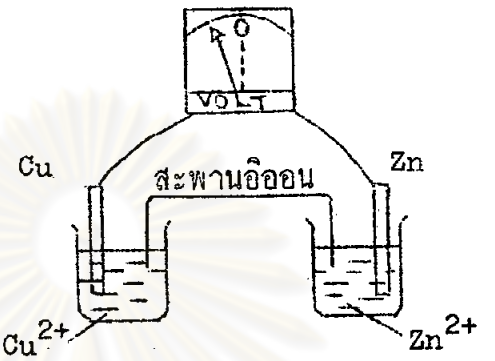
โวลต์มิเตอร์ โลหะ 2 แท่ง สารละลายที่มี อิออนของโลหะ สะพานอิออน	93. ในเซลไฟฟ้าเคมี โลหะที่ต่อกับโวลต์มิเตอร์เรียกว่า ขั้วไฟฟ้า  ในเซลไฟฟ้าเคมีนี้ _____ และ _____ เป็นขั้วไฟฟ้า
โลหะ Cu โลหะ Zn	94. ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี มีคุณสมบัติต่างกัน ได้แก่ <u>ขั้วไฟฟ้าชนิดที่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาเคมีภายในเซล</u> คือมีการละลายหรือพอกพูนขึ้นในขณะที่ปฏิกิริยาของเซลดำเนินไป นอกจากนี้ ยังมีขั้วไฟฟ้าที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาสุทธิของเซลไฟฟ้าเคมี ชนิดนี้เรียกว่า <u>ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย</u> ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี มี 2 ชนิด คือ 1. _____ 2. _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

–ขั้วไฟฟ้าชนิดที่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาเคมีภายในเซล –ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย	95.  จากเซลไฟฟ้าเคมีตัวอย่างนี้ <u>เข็มโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วสังกะสีไปยังขั้วทองแดง</u> แสดงว่า สังกะสีให้อิเลกตรอนแล้วกลายเป็นอิออน ดังสมการ $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในปีกเกอร์ Zn กับสารละลาย Zn^{2+} เรียกว่า ปฏิกิริยาครึ่งเซล และเนื่องจาก<u>สังกะสีให้อิเลกตรอน แล้วกลายเป็นอิออน</u> ปฏิกิริยาครึ่งเซลนี้ เป็น ปฏิกิริยา _____ _____
ออกซิเดชัน	96. ปฏิกิริยาครึ่งเซลในปีกเกอร์ที่มีโลหะ Zn กับสารละลาย Zn^{2+} เป็น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีโลหะ Zn เป็นขั้วไฟฟ้า อาโนด คือ ขั้วไฟฟ้า หรือครึ่งเซลที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้น โลหะ Zn หรือ ครึ่งเซลที่ประกอบด้วย Zn กับสารละลาย Zn^{2+} เป็น _____ เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

อาโนด

97.



จากการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ แสดงว่า อิเลกตรอนเคลื่อนที่จากขั้วสังกะสีผ่านไปตามเส้นลวดของวงจรไปยังขั้วทองแดง ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลาย $CuSO_4$ Cu^{2+} อิออน ในสารละลายจะรับอิเลกตรอนกลายเป็นอะตอมของทองแดง เขียนสมการแสดงปฏิกิริยา ได้ดังนี้

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในปีกเกอร์ของโลหะ Cu จุ่มอยู่ในสารละลาย Cu^{2+} ก็เป็นปฏิกิริยาครึ่งเซลเช่นกัน และเนื่องจาก Cu^{2+} อิออนรับอิเลกตรอนกลายเป็นโลหะทองแดง ปฏิกิริยาครึ่งเซลนี้ จึงเป็นปฏิกิริยา

รีดักชัน	98. ปฏิกิริยาครึ่งเซลที่เกิดในบีกเกอร์ของโลหะ Cu กับสารละลาย Cu^{2+} เป็นปฏิกิริยารีดักชัน มีโลหะทองแดง (Cu) เป็นขั้วไฟฟ้า และขั้วไฟฟ้าหรือครึ่งเซลที่มีปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้น เรียกว่า คาโธด ฉะนั้น เซลไฟฟ้าเคมีในกรอบ 97 คาโธด คือ _____ หรือ _____ ที่ประกอบด้วยโลหะ Cu กับสารละลาย Cu^{2+} เพราะว่าเกิดปฏิกิริยารีดักชัน
โลหะทองแดงครึ่งเซล	99. ในเซลไฟฟ้าเคมีทั่วไป อาโนด คือ _____ หรือ _____ คาโธด คือ _____ หรือ _____
-ขั้วไฟฟ้าหรือครึ่งเซลที่มีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้น -ขั้วไฟฟ้าหรือครึ่งเซลที่มีปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้น	100. เซลไฟฟ้าเคมีในกรอบ 96 ประกอบด้วย ปฏิกิริยาครึ่งเซล 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาครึ่งเซล ที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะสังกะสี กับสารละลายที่มีไอออนของสังกะสี และปฏิกิริยาครึ่งเซล ที่เกิดขึ้นระหว่างโลหะทองแดงกับสารละลายที่มีไอออนของทองแดง ดังนั้น ปฏิกิริยาครึ่งเซล คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง _____

โลหะ กับ สารละลายที่มีอิออนของโลหะนั้น	101. เมื่อรวมปฏิกิริยาครึ่งเซล 2 ปฏิกิริยาของเซลไฟฟ้าเคมีดังกล่าวข้างต้นไว้ด้วยกัน จะได้ปฏิกิริยารวม ซึ่งเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้ $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$ ปฏิกิริยารวมของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ คือ _____
$Zn+Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$	102. เมื่อโลหะสังกะสีให้อิเลกตรอนแล้วกลายเป็น Zn^{2+} อิออน จะมีปริมาณของ Zn^{2+} อิออนในครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} เพิ่มขึ้น ทำให้ครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} ขาดอิออนลบ ขณะเดียวกัน Cu^{2+} อิออนรับอิเลกตรอนจากสังกะสี กลายเป็นอะตอมของทองแดง ทำให้ครึ่งเซล Cu/Cu^{2+} ขาดอิออนบวก <u>ตลอดเวลาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอนเกิดขึ้นในเซล จะมีอิออนบวกและอิออนลบจากครึ่งเซลทั้งสองเคลื่อนผ่านสะพานอิออน</u> เพื่อรักษาสมดุลระหว่างอิออนบวกและอิออนลบในเซลไฟฟ้าเคมี ขณะที่เกิดปฏิกิริยาการถ่ายเทอิเลกตรอนขึ้นในเซลไฟฟ้าเคมี จะมี_____ และ _____ จากครึ่งเซลทั้งสองเคลื่อนผ่านสะพานอิออน

อิออนบวก อิออนลบ	103. สะพานอิออน เป็นสะพานเชื่อมโยงระหว่างสารละลายของครึ่งเซลทั้งสองยินยอมให้อิออนเคลื่อนที่ผ่านได้ แต่กันไม่ให้สารละลายทั้งสองผสมกัน ทำหน้าที่รักษาสมดุลระหว่างอิออนบวกและอิออนลบ ในเซลไฟฟ้าเคมี สะพานอิออน อาจทำด้วยกระดาษกรองชุบสารละลาย KNO_3 หรือใช้หลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุวุ้นซึ่งมีสารละลาย KNO_3 หรือ KCl ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายในครึ่งเซลทั้งสอง สะพานอิออน มีหน้าที่ _____
รักษาสมดุลย์ระหว่างอิออนบวกและอิออนลบ ในเซลไฟฟ้าเคมี	104. เมื่อต่อเซลไฟฟ้าเคมีให้ครบวงจร โดยให้มีสองครึ่งเซล สะพานอิออนและโวลต์มิเตอร์แล้ว เข็มของโวลต์มิเตอร์จะเบน แสดงว่า มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นจากการที่อิเลกตรอนไหลต่อเนื่องกัน อิเลกตรอนที่ไหลเกิดจากปฏิกิริยาเคมี ในเซลไฟฟ้าเคมี ในเซลไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิด _____

กระแสไฟฟ้า

105.

เพื่อความสะดวกในการสื่อความหมาย สำหรับเซลไฟฟ้าเคมี จึงมีการกำหนดสัญญลักษณ์แทนเซลไฟฟ้าเคมี เรียกว่า "แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี"

ตัวอย่างเช่น เซลไฟฟ้าเคมีที่เกิดจากครึ่งเซลที่มีโลหะสังกะสีจุ่มอยู่ในสารละลาย Zn^{+} กับครึ่งเซลที่มีโลหะทองแดงจุ่มอยู่ในสารละลาย Cu^{2+} เขียนเป็น แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี ได้ดังนี้

$$Zn \,/\, Zn^{2+} \,//\, Cu^{2+} \,/\, Cu$$

$Zn \,/\, Zn^{2+}$ แทน ครึ่งเซลที่โลหะสังกะสีจุ่มอยู่ในสารละลาย Zn^{2+}

Cu^{2+} / Cu แทน ครึ่งเซลที่โลหะทองแดงจุ่มอยู่ในสารละลาย Cu^{2+}

$//$ แทน สะพานอิออน

$Zn \,/\, Zn^{2+} \,//\, Cu^{2+} \,/\, Cu$ เป็น _____

แผนภาพเซล ไฟฟ้าเคมี	106. แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี $Zn/Zn^{2}//Cu^{2+}/Cu$ Zn/Zn^{2+} แทน <u>ครึ่งเซลที่โลหะสังกะสีจุ่มอยู่ในสารละลาย</u> Zn^{2+} ซึ่งเกิด<u>ปฏิกิริยาออกซิเดชัน</u> $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$ ดังนั้น ครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} เป็น_____ มีโลหะ Zn เป็นขั้วไฟฟ้า Cu^{2+}/Cu แทน <u>ครึ่งเซล</u> <u>ที่โลหะทองแดงจุ่มอยู่ในสารละลาย</u> Cu^{2+} <u>ซึ่งเกิดปฏิกิริยา</u> <u>รีดักชัน</u> $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ ดังนั้น ครึ่งเซล Cu^{2+}/Cu เป็น_____ มีโลหะ Cu เป็นขั้วไฟฟ้า
อาโนด คาโธด	107. แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี $Zn/Zn^{2+}//Cu^{2+}/Cu$ Zn/Zn^{2+} ครึ่งเซลที่เป็น<u>อาโนด อยู่ทางซ้ายมือ</u> มีขั้วไฟฟ้า อยู่ทางซ้ายสุด Cu^{2+}/Cu ครึ่งเซลที่เป็น <u>คาโธด อยู่ทางขวามือ</u> มีขั้วไฟฟ้า อยู่ทางขวาสุด ในแผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี ครึ่งเซลที่อยู่ทางซ้ายมือ เป็น____ _____ ครึ่งเซลที่อยู่ทางขวามือ เป็น____ _____

อาโนด
คาโธด

108.

แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี $Zn/Zn^{2+}//Cu^{2+}/Cu$

หมายความว่า อิเลกตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วสังกะสีไปยังขั้วทองแดง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดที่ขั้วสังกะสี ซึ่งเป็น อาโนด ปฏิกิริยารีดักชัน เกิดที่ขั้วทองแดง ซึ่งเป็น คาโธด

เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลไฟฟ้าเคมี ได้ดังนี้

_____ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

_____ ปฏิกิริยารีดักชัน

_____ ปฏิกิริยารีดอกซ์

$Zn \longrightarrow Zn^{2+}+2\bar{e}$

$Cu^{2+}+2\bar{e} \longrightarrow Cu$

$Zn+Cu^{2+} \longrightarrow$

$Zn^{2+} + Cu$

109.

หลักการเขียนแผนภาพแสดงเซลไฟฟ้าเคมี

1. เขียนครึ่งเซลที่เป็นอาโนดไว้ทางซ้ายมือ โดยเขียนขั้วไฟฟ้าไว้ทางซ้ายสุด
2. เขียนครึ่งเซลที่เป็นคาโธด ไว้ทางขวามือ โดยเขียนขั้วไฟฟ้าไว้ทางขวาสุด
3. สะพานอิออน ใช้เครื่องหมาย // กันระหว่างครึ่งเซล

ถ้า Cu/Cu^{2+} เป็นครึ่งเซลที่เป็นอาโนด Cu เป็นขั้วไฟฟ้า

Ag/Ag^{+} เป็นครึ่งเซลที่เป็นคาโธด Ag เป็นขั้วไฟฟ้า

แผนภาพแสดงเซลไฟฟ้าเคมีที่เกิดจากครึ่งเซลทั้งสอง คือ

_____

$Cu \,/ Cu^{2+} // Ag^{+} \,/ Ag$	110. เซลไฟฟ้าเคมี ประกอบด้วยปฏิกิริยาครึ่งเซล 2 ปฏิกิริยาดังสมการ $A \longrightarrow A^{+} + \bar{e}$ $B^{+} + \bar{e} \longrightarrow B$ แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี นี้ คือ _____
$A \,/ A^{+} // B^{+} / B$	111. จากแผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี $A \,/ A^{+} // B^{+} / B$ เขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซล และปฏิกิริยารวมของเซลไฟฟ้าเคมี ได้ดังนี้ _____ _____ _____ ปฏิกิริยารวม
$A \longrightarrow A^{+} + \bar{e}$ $B^{+} + \bar{e} \longrightarrow B$ $A + B^{+} \longrightarrow A^{+} + B$	112. เซลไฟฟ้าเคมี $A \,/ A^{+} // B^{+} / B$ เขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยารวมของเซลไฟฟ้าเคมีได้เป็น $A + B^{+} \longrightarrow A^{+} + B$ ตัวรีดิวส์ ได้แก่ _____

A	113. ในเซลไฟฟ้าเคมี $Zn\,/Zn^{2+}//\,Pb^{2+}/\,Pb$ จงแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ที่แต่ละขั้ว และปฏิกิริยารวม _____ _____ _____ ขั้วไฟฟ้าที่เป็น อาโนด คือ _____
$Zn \rightarrow Zn^{2+}+2\bar{e}$ $Pb^{2+}+2\bar{e} \rightarrow Pb$ $Zn+Pb^{2+} \longrightarrow$ $Zn^{2+} + Pb$ ขั้วสังกะสี	114. ในเซลไฟฟ้าเคมี ค่าที่อ่านได้จากการเบนเข็มในโวลต์มิเตอร์ คือ <u>ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีนั้น</u> เซลไฟฟ้าเคมีต่างชนิดกันจะให้ค่าความต่างศักย์ของเซลต่างกัน ค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ในเซลไฟฟ้าเคมี คือ _____
ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีนั้น	115. ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี ที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ เป็น ผลต่างของศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลทั้งสอง จะแยกวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของแต่ละครึ่งเซลโดยตรงไม่ได้ ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี คือ _____

ผลต่างของศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลทั้งสอง	116. ในเซลไฟฟ้าเคมี ถ้าเข็มโวลต์มิเตอร์ไม่บ่ายเบนอ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลได้เป็น ศูนย์ โวลต์ แสดงว่า ไม่มีความต่างศักย์ของศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าเซลไฟฟ้าเคมี เป็น ศูนย์ โวลต์ หมายความว่า ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง _____
ไม่มีความต่างศักย์ของศักย์ไฟฟ้า หรือมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน	117. ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล ในเซลไฟฟ้าเคมี ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่จะหาค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลใด ๆ ได้จากค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี โดยสมมติให้ศักย์ไฟฟ้าของอีกครึ่งเซลหนึ่งเป็น ศูนย์โวลต์ ถ้า สมมติให้ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลหนึ่งในเซลไฟฟ้าเคมี เป็นศูนย์โวลต์จากค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าดังกล่าว อาจหาค่า _____ ที่เหลือของเซลไฟฟ้าเคมีได้
ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล	118. ในการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล ครึ่งเซลที่สมมติให้ศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ โวลต์ เรียกว่า ครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ อาจใช้ครึ่งเซลของโลหะใด ๆ ก็ได้ เป็น ครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ เช่น ถ้าให้ครึ่งเซล Pb / Pb^{2+} เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ ดังนั้น ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซล Pb / Pb^{2+} ในที่นี้มีค่าเท่ากับ _____

ศูนย์ โวลต์	119. การหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล ยังต้องอาศัยทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ เพื่อกำหนด ขั้วบวก ขั้วลบ ของเซลไฟฟ้าเคมี ตามข้อตกลงที่ว่า <u>ขั้วโลหะใดที่อิเลกตรอนเคลื่อนเข้าหา เป็นขั้วบวก</u> ส่วน <u>ขั้วโลหะที่ให้อิเลกตรอนเป็นขั้วลบ</u> ในเซลไฟฟ้าเคมี ขั้วบวก คือ _____ ขั้วลบ คือ _____
ขั้วโลหะที่อิเลก-ตรอนเคลื่อนเข้าหา ขั้วโลหะที่ให้อิเลก-ตรอน	120. ในเซลไฟฟ้าเคมี ขั้วไฟฟ้าที่อิเลกตรอนเคลื่อนเข้าหา เป็น <u>ขั้วบวก</u> ขั้วไฟฟ้าที่อิเลกตรอนเคลื่อนเข้าหา เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า <u>คาโธด</u> ฉะนั้น ขั้วบวก ในเซลไฟฟ้าเคมี จัดเป็น _____
คาโธด	121. ในเซลไฟฟ้าเคมี ขั้วไฟฟ้าที่อิเลกตรอนเคลื่อนที่ออก เป็น <u>ขั้วลบ</u> และ ขั้วไฟฟ้าที่อิเลกตรอนเคลื่อนที่ออก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ ขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า <u>อาโนด</u> ดังนั้น ขั้วลบ ในเซลไฟฟ้าเคมี เป็น _____

อาโนด	122. เซลไฟฟ้าเคมี $A / A^{2+} // B^{2+} / B$ ขั้วบวก ของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ คือ _____
โลหะ B	123. ตัวอย่างการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล เมื่อต่อครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} กับครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} เป็น เซลไฟฟ้าเคมี เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนเข้าหา ขั้วตะกั่ว (Pb) ขั้วตะกั่วจึงเป็นขั้ว _____ ส่วนสังกะสี เป็นฝ่ายเสียอิเลกตรอนไป สังกะสี จึงเป็นขั้ว _____ ให้ครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วตะกั่ว (Pb) เป็น _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บวก ลบ ศูนย์ โวลต์	124. เมื่อกำหนดให้ครึ่งเซล Pb / Pb^{2+} เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วตะกั่ว (Pb) เป็น ศูนย์ โวลต์ จากทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ ขั้วตะกั่ว เป็นขั้วบวก ขั้วสังกะสี เป็น ขั้วลบ อาจหา <u>ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วสังกะสี</u> ได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี เท่ากับ ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วลบ แทนค่า ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วตะกั่ว – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วสังกะสี = 0 – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วสังกะสี = – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วสังกะสี จากโวลต์มิเตอร์ จะทราบค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี ดังนั้น จะได้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วสังกะสีออกมาในที่สุด ในการหาศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซล อาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า _____ ประกอบกับ _____ ที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์ และการกำหนดครึ่งเซลหนึ่งเป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วลบ

ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี

125.

หากต่อครึ่งเซล Pb / Pb^{2+} เข้ากับครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} เข็มของโวลต์มิเตอร์ เบนจากขั้วตะกั่วไปขั้วทองแดง แสดงว่า อิเลกตรอนออกจากขั้วตะกั่ว ดังนั้น ขั้วตะกั่วเป็น _____

ขั้วทองแดง เป็น _____

ให้ครึ่งเซลตะกั่ว (Pb / Pb^{2+}) เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ สมมติให้ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี เป็น x โวลต์

หาค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดง จากความสัมพันธ์

ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี =

ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วลบ

_____

_____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้วลบ

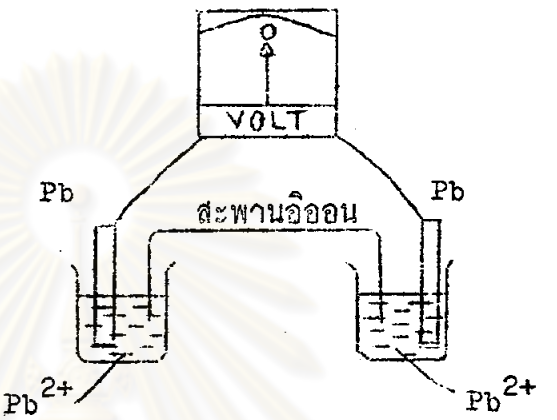
ขั้วบวก

x = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดง – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วตะกั่ว

x = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดง – 0

ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดง = +x โวลต์

126.

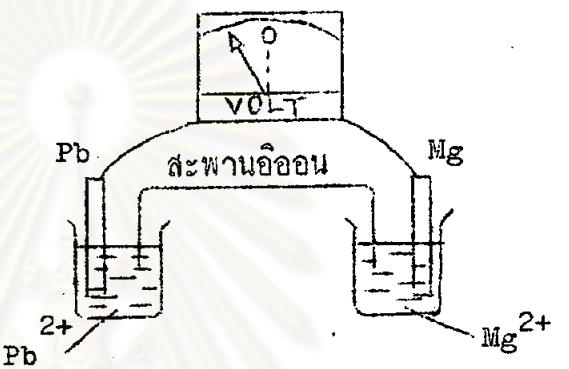


ต่อครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} กับครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} ดังรูป

อ่านค่าความต่างศักย์ จากโวลต์มิเตอร์ ได้ 0 โวลต์ เข็มโวลต์มิเตอร์ ไม่บ่ายเบน เพราะขั้วไฟฟ้า เป็นโลหะชนิดเดียวกัน จึงไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า

เมื่อต่อครึ่งเซลชนิดเดียวกันเข้าเป็นเซลไฟฟ้าเคมี เข็มโวลต์มิเตอร์ จะชี้ที่ _____ โวลต์ แสดงว่า _____

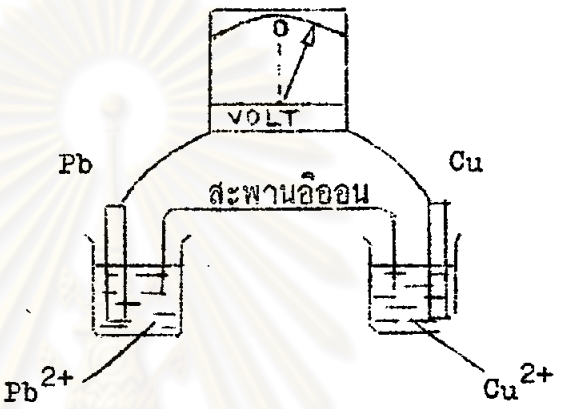
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

0 ไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า	127. เมื่อต่อครึ่งเซล Pb / Pb^{2+} กับครึ่งเซล Mg / Mg^{2+} เป็นเซลไฟฟ้าเคมี ดังรูป  เข็มของโวลต์มิเตอร์ เบนไปทางขั้วตะกั่ว(Pb) เขียนแผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี ได้ดังนี้ _____
Mg/Mg^{2+} // Pb^{2+}/Pb	128. เซลไฟฟ้าเคมี Mg/Mg^{2+} // Pb^{2+} / Pb อ่านค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีได้ เท่ากับ 1.24 โวลต์ และเข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปทางขั้วตะกั่ว (Pb) ดังนั้น ตะกั่วเป็น ขั้วบวก มักเนเซียม เป็นขั้วลบ หาค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซล Mg/Mg^{2+} โดยใช้ครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ ได้เท่ากับ _____ โวลต์

- 1.24

129.

เมื่อต่อครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} กับครึ่งเซล Cu/Cu^{2+}



อ่านค่าความต่างศักย์ของเซล จากโวลต์มิเตอร์ ได้เท่ากับ 0.40 โวลต์

เข็มโวลต์มิเตอร์ เบนไปทางขั้วทองแดง

หาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล Cu/Cu^{2+} เมื่อเทียบกับครึ่งเซล Pb/Pb^{2+} ได้เท่ากับ _____โวลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

+ 0.40

130.

เซลไฟฟ้าเคมี ที่มีขั้วไฟฟ้าต่างกัน จะมีศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าต่างกัน

<u>ครึ่งเซลที่รับอิเลกตรอน มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ครึ่งเซลที่ให้อิเลกตรอน</u>

ครึ่งเซลที่รับอิเลกตรอน มีขั้วไฟฟ้า เป็น ขั้วบวก

ครึ่งเซลที่ให้อิเลกตรอน มีขั้วไฟฟ้า เป็น ขั้วลบ

ดังนั้น ในเซลไฟฟ้าเคมี ครึ่งเซลที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า เป็นครึ่งเซลที่ _____ และมีขั้วไฟฟ้าเป็น ขั้ว _____

ครึ่งเซลที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า เป็นครึ่งเซลที่ _____ และมีขั้วไฟฟ้า เป็น ขั้ว _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รับอิเลกตรอน บวก ให้อิเลกตรอน ลบ	131. จากผลการทดลอง เพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล Mg / Mg^{2+} และครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} โดยให้ครึ่งเซลตะกั่วเป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ ปรากฏว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วมักเนเซียมของครึ่งเซล Mg /Mg^{2+} เท่ากับ – 1.24 โวลต์ ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดงของครึ่งเซล Cu /Cu^{2+} เท่ากับ + 0.40 โวลต์ เมื่อนำครึ่งเซล 2 ครึ่งเซลมาต่อกันเป็นเซลไฟฟ้าเคมี <u>ครึ่งเซลที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า เป็นครึ่งเซลที่รับอิเลกตรอน และเป็นขั้วบวก</u> ดังนั้น ถ้าต่อครึ่งเซล Mg/Mg^{2+} มาต่อกับครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} ขั้วทองแดง ในครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} เป็น ขั้ว --- ขั้วมักเนเซียมในครึ่งเซล Mg / Mg^{2+} เป็น ขั้ว ---

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บวก ลบ	132. ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} เท่ากับ + 0.40 โวลต์ ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล Mg / Mg^{2+} เท่ากับ − 1.24 โวลต์ นั่นคือ ครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} มีทองแดง เป็นขั้วบวก ครึ่งเซล Mg / Mg^{2+} มีมักเนเซียม เป็น ขั้วลบ จะคำนวณหาความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีที่เกิดจากครึ่งเซล Cu/Cu^{2+} กับครึ่งเซล Mg / Mg^{2+} ได้โดย อาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก − ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วลบ = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดง − ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วมักเนเซียม = 0.40 − (−1.24) = 0.40 + 1.24 = 1.64 โวลต์ เมื่อทราบ ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลทั้งสอง ที่ประกอบกันเป็นเซลไฟฟ้าเคมี อาจคำนวณหา _____ ได้

ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี	133. เซลไฟฟ้าเคมี ที่ประกอบด้วย ครึ่งเซล A / A^{2+} กับครึ่งเซล B / B^{2+} จะมีความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีเป็นเท่าใด ถ้าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล A / A^{2+} = −0.25 โวลต์ ศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล B / B^{2+} = +1.03 โวลต์ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ = _____ โวลต์
1.28	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

134.

ในการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล อาจใช้ครึ่ง-เซลที่เป็นโลหะใด ๆ เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบก็ได้ เช่น อาจใช้ครึ่งเซลทองแดง ครึ่งเซลนิเกล ฯลฯ แต่โดยทั่วไป ค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล ขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของอิออนในสารละลาย อุณหภูมิ ชนิดของขั้วไฟฟ้า

หากต้องการครึ่งเซลที่เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบแล้ว จะต้องควบคุม ความบริสุทธิ์ของสารที่เป็นขั้วไฟฟ้า ความเข้มข้นของอิออนในสารละลาย อุณหภูมิ ชนิดของขั้วไฟฟ้า แต่การควบคุมความบริสุทธิ์ของขั้วไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก จึงไม่นิยมใช้ขั้วไฟฟ้าที่เป็นโลหะ เป็นขั้วไฟฟ้ามาตรฐาน

ครึ่งเซล ที่เป็นมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบในการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซล นั้น จะต้องควบคุม

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

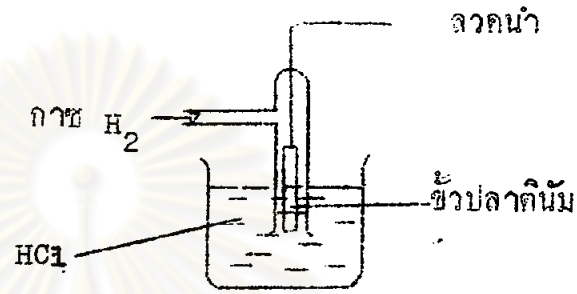
1.ความบริสุทธิ์ของสารที่เป็นขั้วไฟฟ้า 2.ความเข้มข้นของอิออนในสารละลาย 3.อุณหภูมิ 4.ชนิดของขั้วไฟฟ้า	135. ในทางปฏิบัติ นักเคมีได้เลือกใช้ครึ่งเซลไฮโดรเจนเป็นขั้วไฟฟ้ามาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลอื่น ๆ เพราะว่าควบคุมภาวะต่าง ๆ ได้ โดยกำหนดให้ กาซไฮโดรเจนมีความดัน 1 บรรยากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายเป็น 1 โมลต่อลิตร ขั้วไฟฟ้าบริสุทธิ์ และไม่สึกกร่อนเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี ครึ่งเซลไฮโดรเจน เป็นขั้วไฟฟ้ามาตรฐาน โดยมีการควบคุมภาวะต่าง ๆ ดังนี้ กาซไฮโดรเจน มีความดัน _____ ที่อุณหภูมิ _____ ความเข้มข้นของสารละลายเป็น _____ ขั้วไฟฟ้า _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

– 1 บรรยากาศ
–25 องศาเซลเซียส
–โมลต่อลิตร
–บริสุทธิ์และไม่สึกกร่อนเมื่อเกิดปฏิกริยาเคมี

136.

<u>ส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน</u>



ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน ประกอบด้วยแผ่นปลาตินัมบาง ๆ ซึ่งเคลือบด้วยปลาตินัมแบลกจุ่มอยู่ในสารละลาย HCl ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร และมีกาซไฮโดรเจนที่มีความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผ่านไปบนผิวของปลาตินัมแบลก ซึ่งใช้เป็นกาตะไลส์ในขบวนการนี้

เนื่องจากกาซไฮโดรเจน เป็นอโลหะ ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐานจึงต้องอาศัยปลาตินัมเป็นขั้วไฟฟ้า ที่ปลาตินัมเคลือบด้วยปลาตินัมแบลกที่มีอนุภาคเล็กมาก ทำหน้าที่ดูดกาซไฮโดรเจนไว้ แต่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดที่กาซไฮโดรเจนเท่านั้น ส่วนปลาตินัมไม่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาเคมี

ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน ประกอบด้วย

_____

จุ่มอยู่ใน _____

และผ่าน _____

ไปบนผิวของปลาตินัมแบลก

แผ่นปลาตินัมบาง ๆ เคลือบด้วยปลาตินัมแบลก สารละลาย HCl ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร, กาซไฮโดรเจนที่มีความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	137. ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมีกาซ H_2 และปลาตินัม (Pt) เป็นขั้วไฟฟ้า และมี H^+ อิออนในสารละลาย HCl เขียนแผนภาพแสดงขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจน ได้ดังนี้ $Pt , H_2 / H^+$ แผนภาพแสดงขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐานคือ_____
$Pt , H_2/H^+$	138. นักเคมีได้ร่วมกันกำหนดให้ ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฮโดรเจนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ และใช้เป็นครึ่งเซลสำหรับเปรียบเทียบ เพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล โดยนำขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐานต่อกับครึ่งเซลอื่นที่มีโลหะหรืออโลหะเป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีอิออนของโลหะหรืออโลหะนั้น ๆ ความเข้มข้นของสารละลายเป็น 1 โมลต่อลิตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์จะเป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลนั้น ๆ ให้สัญญลักษณ์แทนศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลว่า E^o นักเคมีหาค่า E^o ของครึ่งเซลใดๆ ได้โดยนำ_____ต่อกับครึ่งเซลนั้นๆ ซึ่งสารละลายมีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน	139. ถ้านำครึ่งเซล Zn / Zn^{2+} ซึ่งประกอบด้วยสังกะสีจุ่มอยู่ในสารละลาย $ZnSO_4$ เข้มข้น 1 โมลต่อลิตรที่ 25 องศาเซลเซียส ต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐานอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ได้ 0.76 โวลต์ และ <u>เข็มโวลต์มิเตอร์เบนไปทางขั้วไฮโดรเจน</u> สังกะสี เป็นขั้วลบ เพราะว่า เป็นขั้วที่ให้อิเลกตรอน ขั้วไฮโดรเจนเป็นขั้วที่รับอิเลกตรอน ขั้วไฟฟ้าหรือครึ่งเซลที่รับอิเลกตรอน มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ขั้วไฟฟ้าหรือครึ่งเซลที่เสียอิเลกตรอน ในเมื่อขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน ถูกกำหนดให้มีศักย์ไฟฟ้า เป็น 0 โวลต์ ครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} จะต้องมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า 0 คือ <u>มีค่าเป็นลบ</u> ดังนั้นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล Zn / Zn^{2+} เป็น _____ โวลต์
– 0.76	140. เมื่อต่อครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} กับครึ่งเซล $Pt, H_2/H^+$ ที่ภาวะมาตรฐานอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ได้เท่ากับ 0.34 โวลต์ และเข็มของโวลต์มิเตอร์เบนไปทางขั้วทองแดง ขั้วทองแดง เป็น ขั้วไฟฟ้าที่อิเลกตรอนเคลื่อนเข้าไปหา ขั้วทองแดงหรือครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} จึงมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน ดังนั้น ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล Cu/Cu^{2+} เท่ากับ _____ โวลต์

+ 0.34	141. ต่อครึ่งเซล Ag/Ag^+ ที่มีโลหะ Ag จุ่มอยู่ในสารละลาย $AgNO_3$ เข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กับขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน ปรากฏว่า อ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ได้เท่ากับ 0.80 โวลต์ เข็มโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วไฮโดรเจนไปยังขั้วโลหะเงิน ดังนั้น ค่า E° หรือศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล Ag/Ag^+ เท่ากับ _____ โวลต์
+ 0.80	142. จากการทดลองโดย ต่อครึ่งเซลต่าง ๆ ที่ภาวะมาตรฐาน กับ ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน จะได้ --- นักเคมีได้จัดเป็นตารางขึ้น โดยเรียงค่าจากมากไปหาน้อยดังตาราง ต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐานที่ 25 องศาเซลเซียส (E°)

ปฏิกิริยาครึ่งเซล	E° (โวลต์)
$F_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2F^-$	+2.87
$Au^+ + \bar{e} \longrightarrow Au$	+1.68
$Cl_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2Cl^-$	+1.36
$O_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2\ O^{2-}$	+1.23
$Pt^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Pt$	+1.20
$Br_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2Br^-$	+1.07
$Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag$	+0.80
$I_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2I^-$	+0.54
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$	+0.34
$H^+ + \bar{e} \longrightarrow \frac{1}{2} H_2$	0.00
$Pb^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Pb$	-0.13
$Sn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Sn$	-0.14
$Ni^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Ni$	-0.27
$Co^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Co$	-0.28
$Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe$	-0.44
$Cr^{3+} + 3\bar{e} \longrightarrow Cr$	-0.74
$Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$	-0.76
$Al^{3+} + 3\bar{e} \longrightarrow Al$	-1.66
$Mg^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Mg$	-2.36
$Na^+ + \bar{e} \longrightarrow Na$	-2.71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง(ต่อ) ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐานที่ 25 องศาเซลเซียส (E°)

ปฏิกิริยาครึ่งเซล	E° (โวลต์)
$Ca^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Ca$	-2.87
$Ba^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Ba$	-2.90
$K^{+} + \bar{e} \longrightarrow K$	-2.92
$Rb^{+} + \bar{e} \longrightarrow Rb$	-2.92
$Li^{+} + \bar{e} \longrightarrow Li$	-3.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลต่าง ๆ	143. ครึ่งเซลลิเธียม Li/Li^+ เขียนสมการรีดักชันของ Li ได้ ดังนี้ $Li^+ + \bar{e} \longrightarrow Li$ จะเห็นได้ว่า Li^+ อิออน เป็นสารที่รับอิเลกตรอน สารที่รับอิเลกตรอน เป็นตัวออกซิไดส์ Li^+ อิออน เป็น _____ ส่วน Li จะเป็นสารที่เสียอิเลกตรอน สารที่เสียอิเลกตรอน เป็น ตัวรีดิวส์ Li เป็น _____ ในครึ่งเซลลิเธียม Li/Li^+ จึงประกอบด้วยตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวส์
ตัวออกซิไดส์ ตัวรีดิวส์	144. ในครึ่งเซลฟลูออรีน F_2/F^- เขียนสมการรีดักชันได้เป็น $F_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2F^-$ F_2 เป็นสารที่รับอิเลกตรอน F_2 จึงเป็น _____ F^- เป็นสารที่เสียอิเลกตรอน F^- จึงเป็น _____ ในครึ่งเซลฟลูออรีน F_2/F^- ประกอบด้วย ตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวส์

ตัวออกซิไดส์ ตัวรีดิวส์	145. ในเมื่อ ครึ่งเซลลิเธียม Li/Li^+ มี Li เป็นตัวรีดิวส์, Li^+ อิออน เป็นตัวออกซิไดส์ ครึ่งเซลฟลูออรีน F_2/F^- มี F_2 เป็นตัวออกซิไดส์, F^- อิออน เป็นตัวรีดิวส์ สรุปได้ว่า ในแต่ละครึ่งเซล ประกอบด้วย _____ และ _____
ตัวออกซิไดส์ ตัวรีดิวส์	146. ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) เป็นค่าที่วัดความสามารถในการชิงอิเลกตรอนของตัวออกซิไดส์ในครึ่งเซลที่อยู่ในภาวะมาตรฐาน เปรียบเทียบกับการชิงอิเลกตรอนของ H^+ อิออน ในครึ่งเซลไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E° มีเครื่องหมายบวก แสดงว่าตัวออกซิไดส์ในสารละลายมีความสามารถในการชิงเลกตรอนได้มากกว่า H^+ อิออนในสารละลาย ดังนั้น $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $E^\circ = +0.34$ โวลต์ แสดงว่า Cu^{2+} ซึ่งเป็นตัวออกซิไดส์ในสารละลายมีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้ _____

ดีกว่า H^+ อิออน ในสารละลาย	147. ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) เป็นค่าที่วัดความสามารถในการชิงอิเลกตรอนของตัวออกซิไดส์ในครึ่งเซลที่อยู่ในภาวะมาตรฐาน เปรียบเทียบกับการชิงอิเลกตรอนของ H^+ อิออนในครึ่งเซลไฮโดรเจนมาตรฐาน ถ้าค่า E° มีเครื่องหมาย ลบ แสดงว่า ตัวออกซิไดส์ในสารละลายมีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้น้อยกว่า H^+ อิออนในสารละลาย ดังนั้น $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn \quad E^\circ = -0.76$ โวลต์ แสดงว่า Zn^{2+} ซึ่งเป็นตัวออกซิไดส์ในสารละลาย มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้ _____
น้อยกว่า H^+ อิออน ในสารละลาย	148. ปฏิกิริยาครึ่งเซล $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $E^\circ = +0.34$ โวลต์ E° มีเครื่องหมาย บวก หมายความว่า Cu^{2+} อิออน มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้ดีกว่า H^+ อิออน ซึ่งอาจทำนายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} กับ ครึ่งเซล H_2 / H^+ ได้ว่า Cu^{2+} อิออน จะชิงอิเลกตรอนจาก H_2 ดังสมการ _____

$Cu^{2+} + H_2 \longrightarrow Cu + 2H^+$	149. จากปฏิกิริยาครึ่งเซล $Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu$ $E^\circ = +0.34$ โวลต์ สามารถทำนายปฏิกิริยารวมของเซลไฟฟ้าเคมีระหว่างครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} กับครึ่งเซล H_2 / H^+ ได้เป็น $Cu^{2+} + H_2 \longrightarrow Cu + 2H^+$ เขียนแผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี ได้เป็น _____ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี นี้ เท่ากับ _____
$H_2/H^+//Cu^{2+}/Cu$ 0.34 โวลต์	150. ปฏิกิริยาครึ่งเซล $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$ $E^\circ = -0.76$ โวลต์ E° มีเครื่องหมายลบ สมการแสดงปฏิกิริยารวมของเซลไฟฟ้าเคมี ที่เกิดจากครึ่งเซล Zn / Zn^{2+} กับครึ่งเซล H_2/ H^+ คือ _____ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี นี้ เท่ากับ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$2H^+ + Zn \longrightarrow H_2 + Zn^{2+}$

0.76 โวลต์

151.

พิจารณาตารางค่า E° ถ้าจะดูความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ หรืออีกนัยหนึ่ง ดูความสามารถในการชิงอิเลกตรอนโดยพิจารณาจากด้านซ้ายไปขวาของสมการปฏิกิริยาครึ่งเซล จะเห็นว่า

E° มีค่าต่ำ ธาตุหรืออิออนที่เขียนไว้ทางซ้ายมือของสมการ ชิงอิเลกตรอนได้ไม่ดีนัก

E° มีค่าสูงขึ้น ธาตุหรืออิออนที่เขียนไว้ทางซ้ายมือของสมการ ชิงอิเลกตรอนได้ดีขึ้น

ธาตุหรืออิออนที่ชิงอิเลกตรอนได้ดี จัดเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี

ฟลูออรีน มีค่า E° เท่ากับ 2.85 โวลต์เป็นค่ามากที่สุดในตารางนี้ ฟลูออรีน จึงเป็น_____

ลิเธียมอิออน มีค่า E° เท่ากับ -3.05โวลต์ ลิเธียมอิออน จึงเป็น_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวออกซิไดส์ที่ดี ตัวออกซิไดส์ที่ไม่ดี	152. จากตารางค่า E° หากพิจารณาการเป็นตัวรีดิวส์ ต้องดูความสามารถในการให้อิเลกตรอน ถ้า E° ของครึ่งเซลใดมีค่ามาก ธาตุหรืออิออนทางซ้ายมือ เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี คือ รับอิเลกตรอนได้ดี ในขณะเดียวกัน ธาตุหรืออิออนทางขวามือให้อิเลกตรอนได้ยาก เป็นตัวรีดิวส์ที่ไม่ดี $F_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2F^-$ $E^\circ = +2.85$ โวลต์ F_2 รับอิเลกตรอน แล้วกลายเป็น F^- อิออน ได้ดี ในทางกลับกัน F^- อิออน ให้อิเลกตรอนได้ยาก ดังนั้น F^- อิออน เป็น _____
ตัวรีดิวส์ที่ไม่ดี	153. จากตารางค่า E° ถ้า E° ของครึ่งเซลใดมีค่าต่ำ ธาตุหรืออิออนทางซ้ายมือ เป็นตัวออกซิไดส์ที่ไม่ดี แต่ธาตุหรืออิออนทางขวามือจะให้อิเลกตรอนได้ง่าย จึงเป็นตัวรีดิวส์ที่ดี เช่น $Li^+ + \bar{e} \longrightarrow Li$ $E^\circ = -3.05$ โวลต์ E° มีค่าต่ำ Li^+ อิออน มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้ไม่ดี ในทางกลับกัน Li จะให้อิเลกตรอนได้ง่าย ดังนั้น Li เป็น _____

ตัวรีดิวส์ที่ดี	154. ปฏิกิริยาครึ่งเซล E° (โวลต์) $Au^{+} + \bar{e} \longrightarrow Au$ + 1.68 $Sn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Sn$ − 0.14 $Mn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Mn$ − 1.18 $K^{+} + \bar{e} \longrightarrow K$ − 2.92 ตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุด ในที่นี้ คือ _____ ตัวรีดิวส์ ที่ดีที่สุด ในที่นี้ คือ _____
Au^{+} K	155. ครึ่งเซล Zn / Zn^{2+} และครึ่งเซล Cu / Cu^{2+} มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล(E°) เป็นดังนี้ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$ E° = −0.76 โวลต์ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ E° = +0.34 โวลต์ ค่า E° บอกเราว่า 1. _____ชิงอิเลกตรอนได้ดีกว่า H^{+} อิออน ครึ่งเซล _____ มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 โวลต์ 2. _____ชิงอิเลกตรอนได้น้อยกว่า H^{+} อิออน และครึ่งเซล _____ มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 โวลต์

Cu^{2+} อิออน, ทองแดง หรือ Cu / Cu^{2+}

Zn^{2+} อิออน, สังกะสี หรือ Zn/Zn^{2+}

156.

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล (E°) เป็นดังนี้

$Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn \qquad E^{\circ} = -0.76$ โวลต์

$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu \qquad E^{\circ} = +0.34$ โวลต์

ถ้านำครึ่งเซลทั้งสองนี้มาต่อกันเป็นเซลไฟฟ้าเคมี

E° ของครึ่งเซล Cu/Cu^{2+} มากกว่า E° ของครึ่งเซล Zn/Zn^{2+}

ดังนั้น Cu^{2+} อิออน ชิงอิเลกตรอนได้ดีกว่า Zn^{2+} อิออน โลหะสังกะสีเป็นฝ่ายเสียอิเลกตรอน

เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาในเซลไฟฟ้าเคมีได้ดังนี้

_____ ออกซิเดชัน

_____ รีดักชัน

_____ ปฏิกิริยารีดอกซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$

$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$

$Zn + Cu^{2} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

157.

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล (E°) เป็น ดังนี้

$Zn^{2} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn \qquad E^{\circ} = -0.76$ โวลต์

$Cu^{2} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu \qquad E^{\circ} = +0.34$ โวลต์

เมื่อนำครึ่งเซลทั้งสองนี้มาต่อกันเป็นเซลไฟฟ้าเคมีครึ่งเซลทองแดงจะเป็น ขั้ว_____

ครึ่งเซล สังกะสีจะเป็น ขั้ว_____

ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี

= ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วลบ

= _____

= _____

= _____ โวลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้วบวก, ขั้วลบ, ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทองแดง – สังกะสี, (+0.34)–(–0.76), 1.10	158. ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีที่หาได้นี้เป็นความต่างศักย์ที่ภาวะมาตรฐาน ถ้าเป็นที่ภาวะอื่นค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ย่อมจะแตกต่างกันออกไป เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป ความเข้มข้นของสารละลายในครึ่งเซลทั้งสองจะเปลี่ยนไป ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีจะลดลงเรื่อย ๆ <u>เมื่อใดที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น ศูนย์ แสดงว่า ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลย์แล้ว</u> เมื่อความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี เท่ากับศูนย์ หมายความว่า _____
ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลย์แล้ว	159. ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล (E°) นั้น ใช้ทำนายได้ว่า เมื่อนำครึ่งเซล 2 ชนิด มาต่อกันเป็นเซลไฟฟ้าเคมีแล้ว 1. <u>ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น</u>ในเซลไฟฟ้าเคมีเป็นอย่างไร 2. <u>ขั้วไฟฟ้า</u>ใด เป็น ขั้วบวก หรือ ขั้วลบ 3. <u>ค่าความต่างศักย์</u>ของเซลไฟฟ้าเคมีนั้นเป็นเท่าใด สรุปได้ว่า ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล ใช้ทำนาย _____, _____ _____ ของเซลไฟฟ้าเคมีนั้น ๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น, ขั้วไฟฟ้า, ความต่างศักย์

160.

กำหนดเซลไฟฟ้าเคมี ซึ่งประกอบด้วย ครึ่งเซล Zn/Zn^{2+} กับครึ่งเซล Pb / Pb^{2+}

$Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$ $E^{\circ} = -0.76$ โวลต์

$Pb^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Pb$ $E^{\circ} = -0.13$ โวลต์

สมการแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซล ปฏิกิริยารวมของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ ได้แก่

_____ ออกซิเดชัน

_____ รีดักชัน

_____ ปฏิกิริยารวม

แผนภาพเซลไฟฟ้าเคมี คือ _____

ขั้วบวก คือ _____

ความต่างศักย์ที่ภาวะมาตรฐานของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ = _____ โวลต์

$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$

$Pb^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Pb$

$Zn + Pb^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Pb$

$Zn/Zn^{2+}//Pb^{2+}/Pb$

Pb

+0.63

161.

ถ้าต่อครึ่งเซล Ag/Ag^{+} กับครึ่งเซล H_2/H^{+}

$Ag^{+} + \bar{e} \longrightarrow Ag$ $E^{\circ} = +0.80$ โวลต์

$2H^{+} + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$ $E^{\circ} = 0.00$ โวลต์

สมการแสดงปฏิกิริยาของเซลไฟฟ้าเคมีที่เกิดจากครึ่งเซล Ag / Ag^{+} กับครึ่งเซล H_2 / H^{+} คือ

_____

$H_2+2Ag^+ \longrightarrow 2H^+ + 2Ag$	162. จากข้อมูลในกรอบ 161 ครึ่งเซล Ag / Ag^+ มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า ครึ่งเซล H_2 / H^+ ดังนั้น ครึ่งเซล Ag / Ag^+ เป็น _____ ครึ่งเซล H_2 / H^+ เป็น _____ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี = ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก – ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วลบ = _____ โวลต์
ขั้วบวก ขั้วลบ + 0.80	163. ปฏิกิริยาของเซลไฟฟ้าเคมีระหว่างครึ่งเซล Ag / Ag^+ กับครึ่งเซล H_2/H^+ คือ $2Ag^+ + H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2Ag$ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ เท่ากับ + 0.80 โวลต์ <u>ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี เป็น "บวก" แสดงว่า ปฏิกิริยาเกิดจากซ้ายไปขวา</u> ดังนั้น เมื่อผ่านกาซ H_2 ลงในสารละลายที่มี Ag^+ อิออน จะ _____ ได้โลหะเงินและ H^+ อิออน

เกิดปฏิกิริยา	164. ถ้าต้องการทราบว่า เมื่อใส่โลหะเงินลงในสารละลาย HCl เจือจาง จะเป็นอย่างไร สมมติว่า เกิดปฏิกิริยา ดังนี้ $2Ag + 2H^+ \longrightarrow 2Ag^+ + H_2$ พิจารณาตามหลักของเซลไฟฟ้าเคมี $2Ag \longrightarrow 2Ag^+ + 2\bar{e}$ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเป็นครึ่งเซลที่เป็นขั้วลบ (เสียอิเลกตรอน) ส่วน $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$ เป็นปฏิกิริยารีดักชันและเป็นขั้วบวก (รับอิเลกตรอน) จากค่า E^O $Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag \quad E^o = +0.80$ โวลต์ $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 \quad E^\theta = 0.00$ โวลต์ คำนวณหาค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ เท่ากับ _____ โวลต์
- 0.80	165. ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี $2Ag + 2H^+ \longrightarrow 2Ag^+ + H_2$ เท่ากับ -0.80 โวลต์ ถ้าต้องการ ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีใดได้ค่า เป็นลบ <u>แสดงว่าปฏิกิริยาเกิดในทิศทางตรงข้ามกับที่เราคิดไว้</u> **ดังนั้น** เมื่อใส่โลหะเงิน ลงในสารละลาย HCl จะ_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไม่เกิดปฏิกิริยา	166. หากใช้ค่า E° ในการคำนวณหาความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีใด ได้ค่าเป็น <u>บวก</u> แสดงว่า <u>ปฏิกิริยานั้นเป็นไปได้</u> คือ ดำเนินจากซ้ายไปขวา และเมื่อใช้ค่า E° คำนวณหาความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีใด ได้ค่าเป็น <u>ลบ</u> แสดงว่า <u>ปฏิกิริยานั้นเป็นไปไม่ได้</u> หากเกิดปฏิกิริยาจะเกิดในทิศทางจากขวาไปซ้าย ดังนั้น จึงใช้ค่า _____ ในการพิจารณาว่า ปฏิกิริยานั้น ๆ ดำเนินไปได้หรือไม่
E°	167. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลต่าง ๆ ดังนี้ $Ag^{+} + \bar{e} \longrightarrow Ag \quad E^{\circ} = +0.80$ โวลต์ $2H^{+} + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 \quad E^{\circ} = 0.00$ โวลต์ $Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe \quad E^{\circ} = -0.44$ โวลต์ <u>ครึ่งเซลคู่ใด จะให้กาซไฮโดรเจนได้</u> การที่จะนำครึ่งเซลคู่ใดมาต่อกันแล้วให้กาซไฮโดรเจนเกิดขึ้น ต้องให้ H^{+} อิออน ทำปฏิกิริยากับโลหะและอิอนของโลหะนั้น ต้องมีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้น้อยกว่า H^{+} อิออน ในกรณีนี้ ต้องให้ H^{+} อิออนทำปฏิกิริยากับ _____ เนื่องจาก _____ _____

โลหะ Fe, อิออนของเหล็กมีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้น้อยกว่า H^+ อิออน	168. จากค่า E^o ในกรอบ 167 ครึ่งเซลคู่ที่จะให้กาซไฮโดรเจนได้ คือ H^+ อิออน ทำปฏิกิริยากับ Fe เนื่องจาก Fe^{2+} อิออน มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้น้อยกว่า H^+ อิออน ดังสมการ $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\bar{e}$ $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$ _____
$Fe + 2H^+ \longrightarrow Fe^{2+} + H_2$	169. จากค่า E^o $2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2 \quad E^o = 0.00$ โวลต์ $Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Fe \quad E^o = -0.44$ โวลต์ ถ้านำครึ่งเซล H_2 / H^+ มาต่อกับครึ่งเซล Fe / Fe^{2+} เป็นเซลไฟฟ้าเคมี ความต่างศักย์ ของเซลไฟฟ้าเคมีนี้ เท่ากับ _____ โวลต์

+0.44	170. สมการแสดงปฏิกิริยารวมของครึ่งเซล Fe / Fe^{2+} กับครึ่งเซล H_2 / H^+ เป็น $2H^+ + Fe \longrightarrow Fe^{2+} + H_2$ ความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมี = +0.44 โวลต์ ค่าความต่างศักย์ของเซลไฟฟ้าเคมีเป็น บวก ยืนยันว่า _____
ปฏิกิริยาเป็นไปได้และเกิดจากซ้ายไปขวา	171. ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซล เป็นดังนี้ $Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe \quad E^\circ = -0.44$ โวลต์ $Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag \quad E^\circ = +0.88$ โวลต์ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu \quad E^\circ = +0.34$ โวลต์ ถ้าจุ่มแท่ง Fe ลงในสารละลาย $AgNO_3$ หรือสารละลาย $CuSO_4$ จะ _____
มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น	172. ควรเก็บสารละลาย $NiSO_4$ ในถังสังกะสี (Zn) หรือไม่ พิจารณาจากค่า E° $Ni^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Ni \quad E^\circ = -0.27$ โวลต์ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn \quad E^\circ = -0.76$ โวลต์ เรา_____เก็บสารละลาย $NiSO_4$ ในถังสังกะสี (Zn) เพราะ _____ _____

ไม่ควร, Ni^{2+} อิออน มีความสามารถในการชิงอิเลกตรอนได้ดีกว่า Zn^{2+} อิออน จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย $NiSO_4$ กับ Zn ได้	173. การผุกร่อนของโลหะ ในชีวิตประจำวัน ทุกคนคงจะเคยเห็นวัสดุที่ทำด้วยเหล็กเป็นสนิมและผุกร่อนไป โลหะอื่น เช่น มักเนเซียม ก็มีปรากฏการณ์เช่นเดียวกัน คือ ผิวของมักเนเซียมจะเป็นสีดำ ต้องขัดผิวนั้นออกจึงได้โลหะมักเนเซียมที่เป็นมันวาว สารสีดำที่เป็นผิวของมักเนเซียม หรือสนิมเหล็ก เป็นสารประกอบของธาตุมักเนเซียมและเหล็ก ที่เกิดโดยธรรมชาติ มีผลทำให้โลหะผุกร่อนไป โลหะผุกร่อน กลายเป็น _____ ซึ่งเกิดโดยธรรมชาติ
สารประกอบของธาตุนั้น ๆ	174. การผุกร่อนของโลหะ เกิดจากการที่โลหะเสียอิเลกตรอน (ถูกออกซิไดส์) และให้อิเลกตรอนแก่น้ำและออกซิเจนแล้วโลหะเองกลายเป็นอิออน เช่น การผุกร่อนของเหล็กในสภาวะแวดล้อม จะเกิดปฏิกิริยา $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\bar{e}$ ออกซิเดชัน $H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2OH^-$ รีดักชัน $Fe + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow Fe^{2+} + 2OH^-$ การผุกร่อน คือ การที่โลหะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อมเป็นปฏิกิริยา _____

ออกซิเดชัน – รีดักชัน หรือ รีดอกซ์	175. การผุกร่อนของโลหะ คือ การที่โลหะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในภาวะแวดล้อม เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน โดยเกิดจากโลหะ _____ แก่ _____ แล้วโลหะกลายเป็น _____
เสียอิเลกตรอน, น้ำและออกซิเจน, อิออนของโลหะ	176. <u>การทดลองเกี่ยวกับการผุกร่อนของเหล็ก</u> 1. ใส่ตะปูเหล็กที่สะอาด, ตะปูเหล็กพันด้วยชิ้นทองแดง ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม ลงในถ้วยกระเบื้อง 4 ใบ ใบละ 1 ชิ้น 2. ละลายวุ้นผงและต้มจนละลายหมด เติมโปตัสเซียมไซยาโนเฟอเรต (III) $[K_3Fe(CN)_6]$ และหยดฟีนอล์ฟธาลีนลงไป คนให้เข้ากัน เทสารละลายดังกล่าวลงในถ้วยกระเบื้องทั้ง 4 ใบ ให้ท่วมตะปูเหล็ก ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน การทดลองนี้ ตะปูเหล็กที่สะอาด, ตะปูเหล็กพันด้วยชิ้นทองแดง, ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี, ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม อยู่ในถ้วยกระเบื้องที่มีสารละลายของวุ้น กับ _____ และ _____ เป็นเวลา 1 คืน

$K_3Fe(CN)_6$ ฟีนอล์ฟธาลีน	177. การเติมสารละลาย $K_3Fe(CN)_6$ ให้กับตะปูเหล็ก ทั้ง 4 นั้น เพื่อใช้ทดสอบ Fe^{2+} อิออนที่เกิดขึ้น เมื่อใดที่มี Fe^{2+} อิออน สารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน ถ้าสารละลาย $K_3Fe(CN)_6$ เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่า มี _____ เกิดขึ้น
Fe^{2+} อิออน	178. ฟีนอล์ฟธาลีน เป็น อินดิเคเตอร์ในการตรวจสอบความเป็นกรด–เบส ถ้าสารละลายเป็นเบส ฟีนอล์ฟธาลีนจะเป็นสีชมพู ถ้าสารละลายเป็นกรด ฟีนอล์ฟธาลีนจะไม่มีสี สารละลายเป็นเบส แสดงว่า มี OH^- อิออน และสารละลายเป็น กรด แสดงว่า มี H^+ อิออน ในสารละลายที่เป็นเบส หรือสารละลายที่มี OH^- อิออน ฟีนอล์ฟธาลีน จะเป็นสี _____
ชมพู	179. ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การผุกร่อนของเหล็กนั้น เหล็กจะเสียอิเลกตรอนกลายเป็น Fe^{2+} อิออน และน้ำกับออกซิเจนจะมารับอิเลกตรอนไปเกิดเป็น OH^- อิออน สารในสารละลายวุ้น ที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เหล็กเกิดการผุกร่อนคือ_____โดยสารละลายจะเปลี่ยนสี เป็นสีน้ำเงิน

$K_3Fe(CN)_6$	180. สำหรับการผุกร่อนของโลหะอื่น ๆ นั้น โลหะจะเสียอิเลกตรอนกลายเป็นอิออนของโลหะนั้น ๆ แต่ไม่เกิด Fe^{2+} อิออน และน้ำกับออกซิเจนจะมารับอิเลกตรอนไปเกิด เป็น OH^- อิออน ดังนั้น ถ้าใช้สารละลายวุ้นที่มี $K_3Fe(CN)_6$ กับฟีนอล์ฟธาลีน เป็นตัวทดสอบว่า เกิดการผุกร่อนของโลหะ หรือไม่ โดยสังเกตสี _____ ของสารละลาย ทั้งนี้ เพราะน้ำกับออกซิเจนจะรับอิเลกตรอนจากโลหะเกิด OH^- อิออนขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชมพู	181. ผลการทดลองแช่ตะปูเหล็ก และตะปูเหล็กพันด้วยโลหะชนิดต่าง ๆ ในสารละลายวุ้นที่มี $K_3Fe(CN)_6$ และฟีนอล์ฟธาลีน 1. ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็ก สารละลายมีสีน้ำเงิน 2. ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง สารละลายมีสีน้ำเงินเข้ม 3. ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี สารละลายมีสีชมพู 4. ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม สารละลายมีสีชมพูเข้มกว่า สารละลายวุ้นที่มี $K_3Fe(CN)_6$ และฟีนอล์ฟธาลี จะมีสีน้ำเงินเกิดขึ้นเมื่อเกิดการผุกร่อนของเหล็ก และสารละลายดังกล่าวจะมีสีชมพู เมื่อเกิดการผุกร่อนของโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก ดังนั้น <u>ถ้วยที่มีการผุกร่อนของเหล็ก</u> เกิดขึ้น คือ ถ้วยที่ใส่_____ และ _____ <u>ถ้วยที่มีการผุกร่อนของโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก</u> เกิดขึ้น คือ ถ้วยที่ใส่ _____ และ _____

ตะปูเหล็ก, ตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง, ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี, ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม	182. ถ้วยที่มีการผุกร่อนของเหล็ก เกิดขึ้น คือ ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็ก สารละลายมีสีน้ำเงิน และถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง สารละลายมีสีน้ำเงินเข้ม แสดงว่า ภายในสารละลายมี Fe^{2+} อิออนเกิดขึ้น นอกจากนี้ ถ้วยที่มีสีน้ำเงินเข้มกว่ายอมจะมีจำนวน Fe^{2+} อิออนมากกว่า นั่นคือ ตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง มีการผุกร่อน _____ ตะปูเหล็กธรรมดา
มากกว่า	183. ถ้วยที่ไม่มีสีน้ำเงินแต่มีสีชมพูเกิดขึ้น ได้แก่ ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี และถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียมแสดงว่า ไม่มี Fe^{2+} อิออน ดังนั้น ตะปูเหล็กในถ้วยทั้งสอง _____
ไม่มีการผุกร่อน	184. ถ้วยที่ไม่มีสีน้ำเงินเกิดขึ้น ไม่มี Fe^{2+}อิออน ตะปูเหล็กไม่มีการผุกร่อน แต่มีสีชมพู แสดงว่า สารละลายมี OH^- อิออน เกิดขึ้นจากการที่น้ำและออกซิเจนรับอิเลกตรอน แต่อิเลกตรอนไม่ได้มาจากเหล็ก ควรมาจากโลหะอื่นที่พันอยู่ ถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี และถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม สารละลายมีสีชมพูเกิดขึ้น แต่ไม่มีสีน้ำเงิน แสดงว่า สังกะสีและมักเนเซียม เสียอิเลกตรอน ดังนั้น สังกะสีและมักเนเซียม _____

เกิดการผุกร่อน	185. แต่สารละลายในถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม จะมีสีชมพูเข้มกว่าสารละลายในถ้วยที่ใส่ตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสี แสดงว่ามี OH^- อิออนมากกว่าด้วย ดังนั้น มักเนเซียมผุกร่อนได้ _____สังกะสี
มากกว่า	186. จากการทดลอง ตะปูเหล็กและตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง ได้ผลว่า_____เกิดการผุกร่อน นอกจากนี้ ตะปูเหล็กพันด้วยทองแดงผุกร่อนได้มากกว่าตะปูเหล็ก ส่วนตะปูเหล็กพันด้วยสังกะสีและตะปูเหล็กพันด้วยมักเนเซียม เหล็กไม่มีการผุกร่อน แต่_____และ_____เกิดการผุกร่อน
เหล็ก สังกะสี มักเนเซียม	187. จากค่า E°: $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu \quad E^\circ = + 0.34$ โวลต์ $Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe \quad E^\circ = - 0.44$ โวลต์ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn \quad E^\circ = - 0.76$ โวลต์ $Mg^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Mg \quad E^\circ = - 2.36$ โวลต์ ค่า E° ของโลหะใดมีค่ามาก โลหะนั้นเสียอิเลกตรอนได้น้อย จงเรียงลำดับโลหะตามความสามารถในการเสียอิเลกตรอนจากมากไปหา น้อย _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mg, Zn, Fe, Cu	188. จากการพิจารณาค่า E° พบว่า โลหะ Mg เสียอิเลกตรอนได้ดีกว่า Zn, Fe, Cu ตามลำดับ ในกรณีของเหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) <u>เหล็กเสียอิเลกตรอนได้ดีกว่าทองแดง</u> <u>เมื่อตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง</u> _____ จึงผุกร่อน และผุกร่อนได้ดีกว่าอยู่โดด ๆ ด้วย
เหล็ก	189. จากการทดลองเปรียบเทียบการผุกร่อนของตะปูเหล็ก กับตะปูเหล็กพันด้วยทองแดง ปรากฏว่า ตะปูเหล็กพันด้วยทองแดงมีการผุกร่อนได้ดีกว่าตะปูเหล็กธรรมดา สรุปได้ว่า <u>การนำทองแดงซึ่งเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าเหล็ก มาสัมผัสเหล็กจะช่วยเร่งให้เหล็กผุกร่อนได้เร็วขึ้น</u> ที่เป็นเช่นนี้ เพราะ เหล็กเสียอิเลกตรอนได้ดีกว่าทองแดง เหล็กจึงทำหน้าที่เป็น อาโนด ส่วนทองแดงเป็นคาโธดของเซลไฟฟ้าเคมี การนำทองแดงซึ่งเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าเหล็ก มาสัมผัสกับเหล็กจะช่วยให้เหล็กผุกร่อนได้เร็วขึ้น เพราะ ทองแดง ทำหน้าที่เป็น _____ เหล็กทำหน้าที่เป็น _____ของเซลไฟฟ้าเคมี

คาโธด อาโนด	190. ส่วน มักเนเซียม (Mg) และสังกะสี (Zn) เสียอิเลกตรอนได้ง่ายกว่าเหล็ก (Fe) จึงมีแนวโน้มที่จะผุกร่อนได้ดีกว่า เมื่อนำมักเนเซียมหรือสังกะสีมาสัมผัสเหล็ก มักเนเซียมและสังกะสีจะผุกร่อนแทนเหล็ก เพราะมักเนเซียมและสังกะสีเสียอิเลกตรอนได้ดีกว่าเหล็ก จึงทำหน้าที่เป็นอาโนด เหล็กเป็นคาโธดของเซลไฟฟ้าเคมี เมื่อนำมักเนเซียม หรือสังกะสีมาสัมผัสเหล็ก มักเนเซียมและสังกะสี จะเกิดการผุกร่อนแทนเหล็ก เพราะ มักเนเซียมและสังกะสีทำหน้าที่เป็น_____ เหล็กทำหน้าที่เป็น _____ของเซลไฟฟ้าเคมี
อาโนด คาโธด	191. การนำทองแดงซึ่งเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าเหล็กมาสัมผัสเหล็กทองแดงจะเร่งการผุกร่อนของเหล็ก การนำมักเนเซียมหรือสังกะสี ซึ่งเสียอิเลกตรอนได้ง่ายกว่าเหล็ก มาสัมผัสเหล็ก จะป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก โดยมักเนเซียม หรือสังกะสีจะเกิดการผุกร่อนเสียเอง สรุปได้ว่า "โลหะที่เสียอิเลกตรอนยากกว่าเหล็ก จะ_____ ของเหล็ก ส่วนโลหะที่เสียอิเลกตรอนได้ง่ายกว่าเหล็กจะ _____ ของเหล็ก

เร่งการผุกร่อน, ป้องกัน การ-ผุกร่อน	192. จากหลักการที่ว่า "โลหะเสียอิเลกตรอนยากกว่าเหล็ก จะเร่งการผุกร่อนของเหล็ก ส่วนโลหะที่เสียอิเลกตรอนได้ง่ายกว่าเหล็ก จะป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก" ได้นำไปใช้ในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กวิธีหนึ่ง เช่น เหล็กชุบสังกะสีใช้มุงหลังคา การฝังถุงมักเนเนเซียมไว้ใกล้ ๆ ท่อเหล็ก เพื่อป้องกันท่อเหล็กที่ฝังอยู่ในดินจากการผุกร่อน โลหะที่เสียอิเลกตรอนได้ง่ายกว่าเหล็ก จะป้องกันการผุกร่อนของเหล็กเป็นหลักการที่นำไปใช้ในการ _____ได้วิธีหนึ่ง
ป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก	194. นอกจากวิธีดังกล่าว การป้องกันสนิมเหล็กยังใช้วิธี ทาสีหรือทาน้ำมันเพื่อเคลือบผิวหน้าของเหล็กไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนหรือไอน้ำในอากาศ การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก อีกวิธีหนึ่ง ทำได้โดยทาสีหรือทาน้ำมันเพื่อเคลือบผิวหน้าของเหล็กไม่ให้สัมผัสกับ _____

ออกซิเจนหรือไอน้ำในอากาศ	194. การชุบเหล็กด้วยโลหะที่ออกไซด์ของโลหะนั้นสลายตัวได้ยาก เช่น โลหะโครเมี่ยม อาลูมิเนียม ก็ป้องกันการเกิดสนิมเหล็กได้ เพราะการผุกร่อนของโลหะประเภทนี้ในบรรยากาศ จะเกิดออก–ไซด์ที่สลายตัวได้ยากปกคลุมผิวโลหะไว้ ป้องกันโลหะนั้นและเหล็กไม่ให้สัมผัสกับน้ำและออกซิเจนในอากาศ การชุบเหล็กด้วย_____ เช่น_____จัดเป็นการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง
โลหะที่ออกไซด์ของโลหะนั้นสลายตัวได้ยาก อาลูมิเนียม โครเมี่ยม	195. การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก อาจแบ่งออกได้เป็น 1. นำโลหะที่_____ ได้ ง่ายกว่าเหล็กมาวางใกล้กับเหล็ก 2. เคลือบผิวหน้าของเหล็ก ไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนหรือไอน้ำในอากาศ โดยการ_____ 3. ชุบเหล็กด้วยโลหะที่_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-เสียอิเลกตรอน -ทาสี หรือทาน้ำมัน -ออกไซด์ของโลหะนั้นสลายตัวได้ยาก	196. การผุกร่อนของโลหะ มีทั้งชนิดที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เช่น พวกโลหะที่ออกไซด์ของโลหะนั้นสลายได้ยาก จึงทำหน้าที่ป้องกันผิวของโลหะไว้ และการผุกร่อนของโลหะชนิดที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นโลหะที่ออกไซด์ของโลหะนั้นไม่ทำหน้าที่ป้องกันพื้นผิวของโลหะ โลหะจะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อมได้ตลอดเวลา การผุกร่อนของโลหะ มี 2 ชนิด คือ 1. _____ 2. _____
-การผุกร่อนของโลหะชนิดที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ -การผุกร่อนของโลหะชนิดที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว	197. พิจารณาค่า E° ของเหล็ก และโครเมียม $Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe \quad E^{\circ} = -0.44$ โวลต์ $Cr^{3+} + 3\bar{e} \longrightarrow Cr \quad E^{\circ} = -0.74$ โวลต์ โครเมียม (Cr) เสียอิเลกตรอนได้ง่ายกว่า เหล็ก (Fe) โครเมียมย่อมจะมีการผุกร่อนได้มากกว่าเหล็ก แต่โครเมียมผุกร่อนได้ Cr_2O_3 เคลือบผิวของโลหะไว้มิดชิด ความชื้นและออกซิเจนแทรกผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยาภายในโลหะได้ยาก โครเมียมจึงผุกร่อนได้น้อยกว่าเหล็ก การผุกร่อนของโครเมียม (Cr) จัดเป็นการผุกร่อนชนิด_____

เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ	198. แม้ว่าจากค่า E° เหล็กจะเสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าโครเมียม แต่เมื่อเหล็กผุกร่อนจะเกิดเป็น Fe_2O_3 ที่ผิว ซึ่งความชื้นและออกซิเจนสามารถแทรกผ่านชั้นออกไซด์เข้าไปทำปฏิกิริยากับโลหะภายในได้ เมื่อ Fe_2O_3 ไม่สามารถป้องกันผิวของเหล็กได้ เหล็กจึงผุกร่อนไป การผุกร่อนของเหล็ก (Fe) จัดเป็นการผุกร่อนชนิด_____
เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว	199. หากเปรียบเทียบการผุกร่อนของเหล็กกับโครเมียมแล้ว เหล็กจะผุกร่อนได้เร็วกว่า จึงนิยมชุบเหล็กด้วยโครเมียม เพื่อป้องกันการเกิดสนิม เพราะโครเมียมจะกลายเป็น Cr_2O_3 ที่สลายตัวยากป้องกันผิวหน้าของเหล็กไว้ เหตุผลที่ชุบเหล็กด้วยโครเมียม เพื่อป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก คือ _____ _____

โครเมียมจะสลายเป็น Cr_2O_3 ที่สลายตัวยากเคลือบผิวหน้าของเหล็กไว้	200. จากค่า E° ของเหล็กและดีบุก $Sn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Sn \quad E^\circ = -0.14$ โวลต์ $Fe^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Fe \quad E^\circ = -0.44$ โวลต์ โลหะดีบุก เสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าเหล็ก ดีบุก ผุกร่อนได้น้อยกว่าเหล็ก โลหะที่เสียอิเลกตรอนได้ยากกว่าเหล็กจะเร่งการผุกร่อนของเหล็ก แต่เมื่อดีบุก (Sn) เกิดการผุกร่อน จะได้ SnO ซึ่งสลายตัวได้ยากเคลือบผิวหน้าโลหะไว้ การผุกร่อนจึงดำเนินไปอย่างช้าๆ เมื่อชุบเหล็กด้วยดีบุก ดีบุกจะป้องกันเหล็กไม่ให้สัมผัสกับความชื้นและออกซิเจน โดยอาศัย _____
SnO ซึ่งสลายตัวได้ยาก	201. <u>ในการเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีเราต้องทราบผลการทดลองก่อน</u> เช่น เมื่อใส่โลหะลิเธียมลงในสารละลาย HCl 1 โมลต่อลิตร ผลการทดลอง ปรากฏว่า โลหะลิเธียมละลายหมด มีฟองก๊าซที่ทดสอบได้ว่า เป็นก๊าซไฮโดรเจน เขียนสมการได้ $Li + H^+ \longrightarrow H_2 + Li^+$ สมการแสดงปฏิกิริยาเคมี จะต้องอาศัย _____

ผลการทดลอง	202. สมการเคมีที่สมดุลย์นั้น จำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน ก่อนและหลังปฏิกิริยาจะต้องเท่ากัน นอกจากนี้ ประจุไฟฟ้าของอิออนที่เข้าทำปฏิกิริยา เท่ากับประจุไฟฟ้าของอิออนหลังทำปฏิกิริยา ดังนั้น $Li + H^+ \longrightarrow H_2 + Li^+$ เป็นสมการแสดงปฏิกิริยาเคมี ที่ _____ _____
ไม่สมดุลย์	203. สมการ $Li + H^+ \longrightarrow H_2 + Li^+$ อาจทำให้สมดุลย์โดยเติมเลข 2 หน้า H^+ อิออน เพื่อทำให้จำนวนอะตอมของธาตุ H ก่อนและหลังทำปฏิกิริยาเท่ากัน ดังนี้ $Li + 2H^+ \longrightarrow H_2 + Li^+$ ปรากฏว่า จำนวนประจุไฟฟ้าของอิออนก่อนและหลังปฏิกิริยาไม่เท่ากัน จะต้องเติม 2 หน้า Li^+ อิออน และหน้าโลหะ Li สมการแสดงปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะลิเธียมกับสารละลาย HCl ที่สมดุลย์ คือ _____

$2Li + 2H^+ \rightarrow H_2 + 2Li^+$	204. ในการเขียนสมการเคมี โดยที่ยังไม่ทราบผลการทดลองอาจอาศัยปฏิกิริยาครึ่งเซล โดยพิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลมาตรฐาน (E°) กรณีปฏิกิริยาระหว่างโลหะลิเธียมกับสารละลาย HCl ปฏิกิริยาครึ่งเซลที่เกี่ยวข้องได้แก่ $Li^+ + \bar{e} \longrightarrow Li \quad E^\circ = -3.03$ โวลต์ $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 \quad E^\circ = 0.00$ โวลต์ จากค่า E° H^+ อิออน จะทำปฏิกิริยากับลิเธียมได้ _____ และ _____
Li อิออน, กาซไฮโดรเจน	205. ในปฏิกิริยารีดอกซ์ จำนวนอิเลกตรอนที่สารหนึ่งเสียไป จะต้องเท่ากับจำนวนอิเลกตรอนที่อีกสารหนึ่งได้รับ ปฏิกิริยาครึ่งเซลของไฮโดรเจน เป็น $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$ มีการรับอิเลกตรอน 2 ตัว ปฏิกิริยาครึ่งเซลของลิเธียม เป็น $Li \longrightarrow Li^+ + \bar{e}$ เสียอิเลกตรอน 1 ตัว จึงต้องคูณสมการแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซลของ _____ ด้วย 2

ลิเธียม	206. เมื่อคูณ สมการแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซลของลิเธียมด้วย 2 แล้ว ได้ดังนี้ $2Li \longrightarrow 2Li^+ + 2\bar{e}$ รวมปฏิกิริยาครึ่งเซลทั้งสองเข้าด้วยกัน $2Li \longrightarrow 2Li^+ + 2\bar{e}$ $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$ _____
$2Li + 2H^+ \longrightarrow 2Li^+ + H_2$	207. ปฏิกิริยารีดอกซ์ $2Li + 2H^+ \longrightarrow 2Li^+ + H_2$ จากการตรวจสอบจำนวนประจุไฟฟ้าของอิออน และจำนวนอะตอมของธาตุก่อนและหลังทำปฏิกิริยา ปรากฏว่า จำนวนประจุไฟฟ้าของอิออน ก่อนและหลังทำปฏิกิริยา เท่ากัน จำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน ก่อนและหลังทำปฏิกิริยาเท่ากัน ดังนั้น สมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นสมการที่ _____

สมดุลย์	208. หลักสำคัญในการทำสมการปฏิกิริยารีดอกซ์ให้สมดุลย์โดยใช้ปฏิกิริยาครึ่งเซล จะต้องทำให้จำนวนอิเลกตรอนที่เสียไปในปฏิกิริยาครึ่งเซลหนึ่ง เท่ากับ จำนวนอิเลกตรอนที่ได้รับในอีกปฏิกิริยาครึ่งเซลหนึ่ง จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่สมดุลย์ของปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีกับสารละลาย HCl โดยกำหนด $2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$ $E^\circ = 0.00$ โวลต์ $Zn^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$ $E^\circ = -0.76$ โวลต์
$2H^+ + Zn \longrightarrow H_2 + Zn^{2+}$	

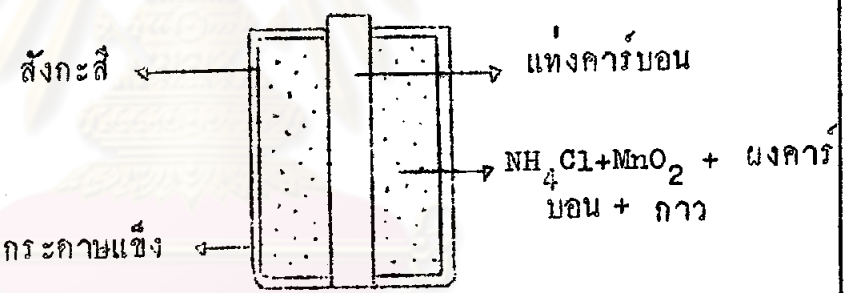
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

209.

ถ่านไฟฉาย

ส่วนประกอบของถ่านไฟฉาย มีแท่งคาร์บอนอยู่ตรงกลาง ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้ารอบ ๆ แท่งคาร์บอนมีผงคาร์บอนผสม NH_4Cl, MnO_2 และกาว มี

NH_4Cl เป็นอิเลกโตรไลต์ ทั้งหมดบรรจุอยู่ในกล่องสังกะสี ซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง ด้านนอกของกล่องหุ้มด้วยกระดาษแข็ง



ขั้วไฟฟ้าของถ่านไฟฉาย ได้แก่ _____

และ _____

สารที่ทำหน้าที่เป็นอิเลกโตรไลต์ คือ

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คาร์บอน – สังกะสี NH_4Cl	210. เมื่อต่อถ่านไฟฉายเข้ากับหลอดไฟให้ครบวงจร จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลดังนี้ ที่ขั้วสังกะสี สังกะสีที่หุ้มรอบอิเลกโตรไลต์ที่มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก เป็นฝ่ายเสียอิเลกตรอนไป เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$ ขั้วสังกะสี จึงเป็นอาโนด ที่ขั้วคาร์บอน NH_4^+ ออออนจาก NH_4Cl จะรับอิเลกตรอนและทำปฏิกิริยากับ MnO_2 ได้กาซ NH_3 เกิดปฏิกิริยารีดักชัน $2NH_4^+ + 2MnO_2 + 2\bar{e} \longrightarrow Mn_2O_3 + 2NH_3 + H_2O$ ขั้วคาร์บอนจึงเป็นคาโธด กาซ NH_3 ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับ Zn^{2+} ออออน เป็นเตตระมินซิงค์ออออน $\left[Zn(NH_3)_4\right]^{2+}$ ปฏิกิริยาในถ่ายไฟฉาย, ที่ขั้วสังกะสี มีการเสียอิเลกตรอน ขั้วสังกะสีเป็น _____ ที่ขั้วคาร์บอน มีการรับอิเลกตรอน ขั้วคาร์บอนเป็น _____

อาโนด คาโธด	211. เมื่อต่อถ่านไฟฉายเข้ากับหลอดไฟให้ครบวงจร จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลถ่ายไฟฉาย คือ มีการเสียอิเลกตรอนที่ขั้วสังกะสี และมีการรับอิเลกตรอนที่ขั้วคาร์บอน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอนและให้กระแสไฟฟ้าออกมา มีผลให้หลอดไฟสว่าง ดังนั้น ถ่านไฟฉาย เป็น _____แบบหนึ่ง
เซลไฟฟ้าเคมี	212. ถ่านไฟฉาย เป็นเซลไฟฟ้าเคมีแบบหนึ่ง ที่ได้ดัดแปลงให้เป็นเซลแห้งขนาดเล็ก เหมาะที่จะนำไปใช้ได้สะดวก มีความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซล ประมาณ 1.5 โวลต์ เมื่อใช้ไปนาน ๆ ความต่างศักย์ของเซลจะลดลงจนในที่สุดไม่ให้กระแสไฟฟ้าอีกเลย เรียกว่า "ถ่านหมด" ทั้งนี้ เพราะปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลย์ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของขั้วทั้งสองเท่ากัน ความต่างศักย์เป็นศูนย์ ไม่มีกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ระหว่างขั้วทั้งสอง ถ่านไฟฉาย มีความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลเท่ากับ _____

1.5 โวลต์	213. ถ่านไฟฉาย เป็นเซลไฟฟ้าเคมีที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีเมื่อสร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ได้ทันที แต่เมื่อเซลนั้นจ่ายกระแสไฟฟ้าหมดแล้วไม่สามารถนำเซลนั้นกลับมาใช้ได้อีก เรียก เซลไฟฟ้าเคมีที่มีลักษณะนี้ว่าเซลปฐมภูมิ ถ่านไฟฉาย มีลักษณะเป็นเซลปฐมภูมิ คือ สร้างขึ้นแล้ว _____ แต่เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าหมดแล้ว _____
นำไปใช้ได้ทันที, ไม่สามารถนำเซลนั้นกลับมาใช้ได้อีก	214. เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เป็นเซลไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่ง แต่มีคุณสมบัติแตกต่างจากถ่านไฟฉาย เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วนี้ นำมาใช้เป็นแบตเตอร์รถยนต์ เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เป็น _____

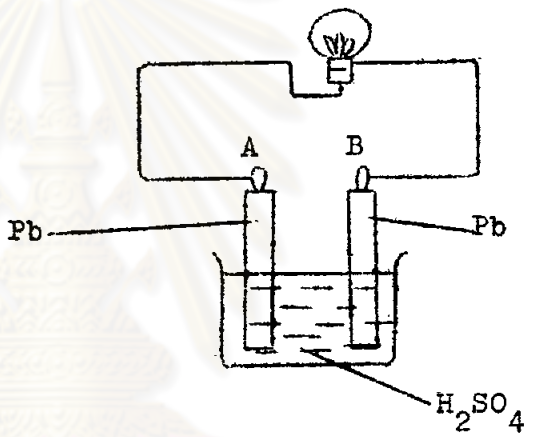
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เซลไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่ง

215.

<u>การทดลองเพื่อศึกษาการสร้างเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว</u>

จุ่มแผ่นตะกั่วขนาด 3 x 6 ซ.ม. 2 แผ่น ลงในสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1 โมลต่อลิตรที่บรรจุในบีกเกอร์ดังรูป



แล้วต่อปลายทั้งสองของโลหะตะกั่วเข้ากับหลอดไฟฟ้า ปรากฏว่า หลอดไฟไม่สว่าง เพราะ<u>ไม่มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น</u> <u>เนื่องจากขั้วไฟฟ้าทั้งสองเป็นชนิดเดียวกัน</u> <u>จุ่มอยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน</u> <u>ไม่มีความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง</u>

เซลนี้ ไม่มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น เพราะ

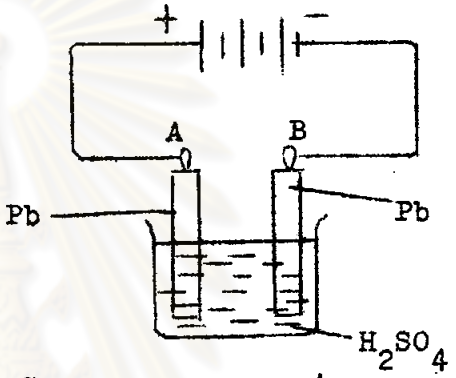
_____

_____

ขั้วไฟฟ้าทั้งสองเป็นชนิดเดียวกันจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน ไม่มีความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง

216.

ตัดวงจรเดิมออก แล้วต่อวงจรใหม่กับแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ดังรูป



ทิ้งไว้ 3 – 4 นาที พบว่า

<u>ที่ขั้วบวก</u> (ขั้ว A) ซึ่งต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ มี<u>สารสีน้ำตาลดำ ซึ่งเป็น PbO_2</u> เกาะอยู่บนแผ่นตะกั่ว PbO_2 นี้ <u>เกิดขึ้นจากการที่แผ่นตะกั่วเกิดออกซิเดชัน</u>

$$Pb \longrightarrow Pb^{4+} + 4\bar{e}$$

<u>ที่ขั้วลบ</u> (ขั้ว B) ซึ่งต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แผ่นตะกั่ว แต่มี<u>ก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นจากการที่ H^+ อิออนในสารละลายรับอิเลกตรอนจากขั้วลบ</u>ของแบตเตอรี่

การนำเซลมาต่อกับแบตเตอรี่ในตอนนี้ เป็นการประจุไฟครั้งแรกของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

การประจุไฟครั้งแรกของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

ที่ขั้วบวก มี PbO_2 เกิดขึ้น ซึ่งมาจาก_____

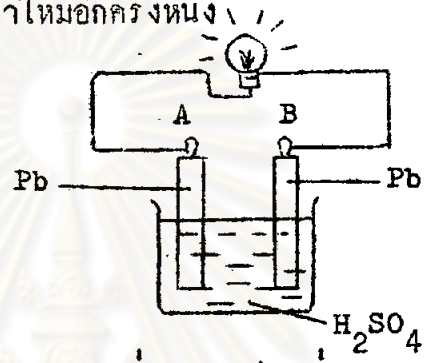
ที่ขั้วลบ มีก๊าซ H_2 เกิดขึ้น ซึ่งมาจาก_____

ตะกั่วเกิดออก-ซิเดชั่น,

H^+ อิออน รับอิเลกตรอนจากขั้วลบของแบต-เตอรี่

217.

ตัดวงจรการประจุไฟครั้งแรกของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วออก แล้วต่อเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วกับหลอดไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหนึ่ง



ปรากฏว่า หลอดไฟสว่าง

<u>ที่ขั้วบวก (ขั้ว A)</u> สารสีน้ำตาลดำ PbO_2 จะหายไป เนื่องจาก Pb^{4+} อิออน จะรับอิเลกตรอนแล้วกลายเป็น Pb^{2+} ดังสมการ

$$PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

$PbSO_4$ ที่เกิดขึ้น เป็นสารสีขาวเกาะที่แผ่นตะกั่ว (Pb)

<u>ที่ขั้วลบ (ขั้ว B)</u> มีสารสีขาวของ $PbSO_4$ เกาะที่แผ่นตะกั่ว $PbSO_4$ เกิดจากตะกั่ว (Pb) เสียอิเลกตรอนไปกลายเป็น Pb^{2+} อิออน ดังสมการ

$$Pb + HSO_4^- \longrightarrow PbSO_4 + H^+ + 2\bar{e}$$

เมื่อมีการให้และรับอิเลกตรอนเกิดขึ้น ทำให้หลอดไฟสว่าง เป็นขบวนการซึ่งพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าออกมา เรียกว่า เป็นการจ่ายไฟ

ขณะที่เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว จ่ายไฟ ที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาดังนี้ _____

ที่ขั้วลบเกิดปฏิกิริยา ดังนี้ _____

ที่ขั้วบวก–

$PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

ที่ขั้วลบ –

$Pb + HSO_4^- \longrightarrow PbSO_4 + H^+ + 2\bar{e}$

218

ขณะที่เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วจ่ายไฟ บนขั้วบวกและขั้วลบจะมี $PbSO_4$ เกิดขึ้น และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดไฟจะหมด เนื่องจากขั้วทั้งสองมีแต่ $PbSO_4$ เหมือนกัน ต้องประจุไฟอีก โดยนำเซลไปต่อกับแบตเตอรี่

ในการประจุไฟครั้งต่อๆไป จะได้ผลไม่เหมือนการประจุไฟครั้งแรก ดังนี้ คือ

ขั้วบวก $PbSO_4 + 2H_2O \longrightarrow PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2\bar{e}$

ขั้วลบ $PbSO_4 + H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow Pb + HSO_4^-$

สำหรับการประจุไฟของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น ดังนี้

ที่ขั้วบวก _____

ที่ขั้วลบ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ขั้วบวก–

$PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2e^-$

ที่ขั้วลบ–

$PbSO_4 + H^+ + 2e^- \rightarrow Pb + HSO_4^-$

219.

ในการจ่ายไฟของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เกิดปฏิกิริยา ดังนี้

ที่ขั้วบวก

$$PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

ที่ขั้วลบ

$$Pb + HSO_4^- \longrightarrow PbSO_4 + H^+ + 2e^-$$

ในการประจุไฟของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เกิดปฏิกิริยา ดังนี้

ที่ขั้วบวก

$$PbSO_4 + 2H_2O \longrightarrow PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2e^-$$

ที่ขั้วลบ

$$PbSO_4 + H^+ + 2e^- \longrightarrow Pb + HSO_4^-$$

ดังนั้น เมื่อมีการประจุไฟของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วจากแบตเตอรี่ ปฏิกิริยาที่ขั้วทั้งสองจะเกิดในทิศทาง _____ กับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วจ่ายไฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตรงกันข้าม	220. พิจารณาจากปฏิกิริยาการจ่ายไฟและการประจุไฟของเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว สารที่ใช้ไปในขบวนการจ่ายไฟ ได้แก่ _____, _____, _____ สารที่ได้จากการประจุไฟ ได้แก่ _____, _____, _____
- Pb, PbO_2, H_2SO_4 - Pb, PbO_2, H_2SO_4	221. เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วนี้ เมื่อสร้างขึ้นแล้ว ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง ต้องประจุไฟเข้าไปก่อน จึงจะนำมาใช้ได้ และเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปหมดแล้ว เอาไปประจุไฟก็สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เราเรียก เซลไฟฟ้าเคมีแบบนี้ว่า เซลทุติยภูมิ เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว จัดเป็นเซลทุติยภูมิ เพราะเมื่อสร้างขึ้นแล้ว _____ ต้อง _____ ก่อน และถ้าเซลจ่ายกระแสไฟฟ้าไปหมดแล้วก็สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง, ประจุไฟเข้าไป	222 เซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว มีความต่างศักย์ประมาณ 2 โวลต์ หากนำเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วหลาย ๆ เซลมาต่ออนุกรมกันจะได้แบตเตอรี่ ค่าความต่างศักย์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนเซลในแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่แบบที่ใช้ในรถยนต์ ใช้เซล 6 เซลต่ออนุกรมกัน ได้ค่าความต่างศักย์ 12 โวลต์ แบตเตอรี่เกิดจาก_____
การนำเซลสะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วมาต่ออนุกรมกัน	223 การแยกสลายสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า หรืออิเลกโตรไลซิส (Electrolysis) เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นโดย ให้กระแสไฟฟ้าผ่านลงในอิเลกโตรไลต์ ซึ่งเป็นของเหลวหรือเป็นสารละลาย แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ขบวนการผ่านกระแสไฟฟ้าลงในของเหลว หรือสารละลายของอิเลกโตรไลต์ แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นเรียกว่า_____ หรือ_____

การแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้า, อิเลกโตรไลซิส	224. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแยกสารเคมีด้วยไฟฟ้าหรืออิเลกโตรไลซิส เรียกว่า "เซลอิเลกโตรไลต์" เซลอิเลกโตรไลต์ ประกอบด้วย <u>ภาชนะที่ใส่อิเลกโตรไลต์</u> <u>มีแผ่นตัวนำ</u> 2 แผ่น จุ่มอยู่ในอิเลกโตร-ไลต์ ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าทั้งสองนี้จะต่อกับขั้วบวกและขั้วลบของ<u>แบตเตอรี</u> ส่วนประกอบของเซลอิเลกโตรไลต์ มีคือ _____, _____, _____
ภาชนะใส่อิเลก-โตรไลต์, แผ่นตัวนำ 2 แผ่น, แบตเตอรี	225. ในเซลอิเลกโตรไลต์ ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี เป็น ขั้วบวก ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี เป็น ขั้วลบ ในเซลอิเลกโตรไลต์ ขั้วบวกคือ_____ _____ ขั้วลบ คือ _____ _____

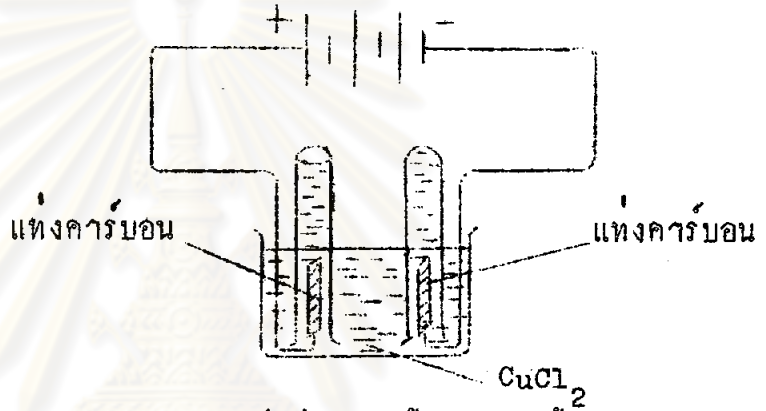
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่

226.

<u>ตัวอย่างเซลอิเลกโตรไลต์</u>

การแยกสลายสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้า



จากรูป เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าทั้งสองเข้ากับแบตเตอรี่ให้ครบวงจร ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ คือ ขั้วบวก ขั้วไฟฟ้าที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ คือ ขั้วลบ ปรากฏว่า <u>ที่ขั้วลบมีทองแดงมาเกาะอยู่ ที่ขั้วบวก มีกาซคลอรีน (Cl_2) ปุดขึ้น</u>

ในการแยกสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้าจะได้ _____ ที่ขั้วลบ

_____ ที่ขั้วบวก

โลหะทองแดง / กาซคลอรีน (Cl_2)

227.

ในการแยกสลายสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้า เกิดโลหะทองแดงที่ขั้วลบ และกาซคลอรีนที่ขั้วบวก อธิบายได้ว่า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลาย $CuCl_2$ ซึ่งประกอบด้วย Cu^{2+} อิออน และ Cl^- อิออน อิเลกตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่จะเคลื่อนผ่านสารละลาย $CuCl_2$ ซึ่งเป็นอิเลกโตรไลต์ อิออนในสารละลายอิเลกโตรไลต์เกิดการรับและเสียอิเลกตรอนขึ้น ดังนี้

<u>Cu^{2+} อิออน ในสารละลาย จะรับอิเลกตรอน เกิดเป็นอะตอมของทองแดง ที่ขั้วลบ</u> ดังสมการ

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$$

<u>ส่วน Cl^- อิออนในสารละลาย จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวก ให้อิเลกตรอนแก่ขั้วบวก</u> และกลายเป็นอะตอมของ<u>คลอรีน แล้วจึงรวมตัวเป็นโมเลกุลของกาซคลอรีน</u> ดังสมการ

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$$

ในการแยกสลายสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้า อธิบายการเกิดโลหะทองแดงที่ขั้วลบ ได้ว่า

_____

และอธิบายการเกิดกาซคลอรีนที่ขั้วบวกได้ว่า

_____

Cu^{2+} อิออนรับอิเลกตรอน เกิดเป็นอะตอมของทองแดงที่ขั้วลบ Cl^- อิออน ให้อิเลกตรอนแก่ขั้วบวก และกลายเป็นอะตอมของคลอรีน แล้วรวมตัวเป็นโมเลกุลของกาซคลอรีน	228. สมการแสดงปฏิกิริยา การเกิดโลหะทองแดงที่ขั้วลบ คือ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ เป็นปฏิกิริยารีดักชัน สมการแสดงปฏิกิริยา การเกิดกาซคลอรีน ที่ขั้วบวก คือ $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในเซลอิเลกโตรไลต์ ที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยา_____ ที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยา_____
รีดักชัน ออกซิเดชัน	229. ในเซลอิเลกโตรไลต์ ขั้วไฟฟ้าใดจะเป็นขั้วบวก หรือ ขั้วลบ ดูจากการต่อขั้วไฟฟ้ากับขั้วของแบต-เตอรี่ ส่วนขั้วไฟฟ้าใดจะเป็นอาโนดหรือคาโธดนั้น พิจารณาจากปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วนั้น ๆ ดังนี้ คือ <u>ขั้วไฟฟ้าที่มีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้น เรียกว่า อาโนด</u> <u>ขั้วไฟฟ้าที่มีปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้น เรียกว่า คาโธด</u> ดังนั้น ในเซลอิเลกโตรไลต์ ขั้วลบ เป็น _____ ขั้วบวกเป็น_____

คาโธด อาโนด	230. ในการแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้า หรือ ขบวนการอิเลกโตรไลซิสนั้น เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในเซลอิเลกโตรไลต์แล้ว อิเลกตรอนจากขั้วลบจะเคลื่อนผ่านสารละลายอิเลกโตรไลต์ และอิออนบวกในสารละลายอิเลกโตรไลต์จะรับอิเลกตรอนไป เกิดเป็นอะตอมของธาตุที่ขั้วลบ ส่วนอิออนลบนั้นจะเคลื่อนที่ไปหาขั้วบวก ให้อิเลกตรอนแก่ขั้วบวก กลายเป็นอะตอมของธาตุที่ขั้วบวกนั้น
	231. ถ้าแยกสลาย $PbBr_2$ ที่หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า โดยใช้แท่งคาร์บอน เป็นขั้วไฟฟ้า : ที่ขั้วบวก จะได้ _____ ที่ขั้วลบ จะได้ _____
กาซ Br_2 โลหะ Pb	232. การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า โดยมี H_2SO_4 เป็นอิเลกโตรไลต์ ผลที่เกิดขึ้น คือ กาซไฮโดรเจน (H_2) และกาซออกซิเจน (O_2) แต่การผ่านไฟฟ้าลงในสารละลาย $CuCl_2$ ได้โลหะทองแดงและกาซคลอรีน โดยที่น้ำไม่สลายตัว ทั้ง ๆ ที่ในสารละลายก็มีน้ำอยู่ <u>อาจใช้ความรู้เรื่องปฏิกิริยาครึ่งเซล และค่า E^o อธิบายการสลายตัวของน้ำในสารละลายอิเลกโตรไลต์ได้</u> การอธิบายผลที่เกิดจากการผ่านไฟฟ้าลงในสารละลายอิเลกโตรไลต์ อาศัยความรู้เรื่อง _____ และ _____

- ปฏิกิริยาครึ่งเซล
- ค่า E°

233.

สารละลาย H_2SO_4 ประกอบด้วย H^+ อิออน SO_4^{2-} อิออน และ H_2O เมื่อผ่านไฟฟ้าลงในสารละลาย สารที่จะรับอิเลกตรอนจากขั้วลบ คือ H^+ และ H_2O

สารที่เสียอิเลกตรอนแก่ขั้วบวก คือ SO_4^{2-} และ H_2O

เราใช้ค่า E° และปฏิกิริยาครึ่งเซลอธิบายได้ว่า สารใดจะทำปฏิกิริยา

ในเซลอิเลกโตรไลต์นี้ ที่ขั้วบวก อาจมีปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของ H_2O หรือ SO_4^{2-} พิจารณา ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลรีดักชัน ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

$$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \longrightarrow 2H_2O \quad E^{\circ} = +1.23 \text{ โวลต์}$$

$$S_2O_8^{2-} + 2\bar{e} \longrightarrow 2SO_4^{2-} \quad E^{\circ} = +2.01 \text{ โวลต์}$$

แต่ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยารีดักชัน ดังนี้

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \quad E = -1.23 \text{ โวลต์}$$

$$2SO_4^{2-} \longrightarrow S_2O_8^{2-} + 2\bar{e} \quad E = -2.01 \text{ โวลต์}$$

ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาออกซิเดชันของ H_2O มีค่ามากกว่าของ SO_4^{2-} จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดกาซ O_2 ที่ขั้วบวกมากกว่า

ดังนั้น การเกิดกาซ O_2 ขึ้นที่ขั้วบวกของเซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย H_2SO_4 เพราะ _____

ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ H_2O มีค่ามากกว่าของ SO_4^{2-}	234. ในเซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย H_2SO_4 ที่ขั้วลบ อาจเกิดปฏิกิริยารีดักชันของ H_2O หรือ H^+ อิออนขึ้น พิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ $2\ H_2O + 2\ \bar{e} \longrightarrow H_2 + 2\ OH^-$ $E^\circ = -0.83$ โวลต์ $2\ H^+ + 2\ \bar{e} \longrightarrow H_2$ $E^\circ = 0.00$ โวลต์ จากค่า E° จะเห็นว่า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดี คือ H^+ อิออนรับอิเลกตรอนแล้วกลายเป็นกาซ H_2 ที่ขั้วลบ จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันของ _____ ได้ _____
H^+ อิออน, กาซ H_2	235. <u>ปฏิกิริยารวม</u> เมื่อผ่านไฟฟ้าลงในสารละลาย H_2SO_4 ที่ขั้วบวก $2\ H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$ ออกซิเดชัน ที่ขั้วลบ $4\ H^+ + 4\bar{e} \longrightarrow 2\ H_2$ รีดักชัน $2\ H_2O \longrightarrow 2\ H_2 + O_2$ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลาย H_2SO_4 จะได้ _____ ที่ขั้วบวก _____ ที่ขั้วลบ

กาซ O_2 กาซ H_2	236.

ในกรณี การแยกสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้า ในสารละลายมี H_2O, Cu^{2+} และ Cl^- สารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วบวก ได้แก่ H_2O และ Cl^- พิจารณาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลรีดักชัน ที่เกี่ยวข้องได้แก่

$Cl_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2Cl^-$ $E^o = +1.36$ โวลต์

$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \longrightarrow 2H_2O$ $E^o = +1.23$ โวลต์

ศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับดังนี้

$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$ $E = -1.36$ โวลต์

$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$ $E = -1.23$ โวลต์

พบว่า H_2O ให้อิเลกตรอนได้ดีกว่า Cl^- ดังนั้น ที่ขั้วบวกควรจะเกิดปฏิกิริยา

$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$

แต่จากการทดลอง ที่ขั้วบวก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ

$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$

ที่เป็นเช่นนี้ อธิบายได้ว่า พลังงานไฟฟ้าแท้จริงที่จะทำให้เกิด O_2 ในการปฏิกิริยานี้ มีค่ามากกว่าค่าตามทฤษฎี จึงไม่เกิด

ในการแยกสลายสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้า เกิด _____ ที่ขั้วบวก ถึงแม้ว่า H_2O จะให้อิเลกตรอนได้ดีกว่า Cl^- อิออน ก็ตาม

กาซ Cl_2	237. การแยกสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ มีปฏิกิริยารีดักชันที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนี้ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu \qquad E^o = +0.34$ โวลต์ $H_2O + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 + 2OH^- \quad E^o = -0.83$ โวลต์ Cu^{2+} อิออน มีความสามารถในการรับอิเลกตรอนได้ดีกว่า H_2O ดังนั้น ที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยารีดักชันของ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ ในการแยกสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยกระแสไฟฟ้า เกิด _____ ที่ขั้วลบ
โลหะทองแดง	238. ปฏิกิริยารวม เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลาย $CuCl_2$ เป็นดังนี้ ที่ขั้วบวก $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$ ที่ขั้วลบ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $Cu^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow Cu + Cl_2$ ในปฏิกิริยาการแยกสารละลาย $CuCl_2$ ด้วยไฟฟ้า จะได้ _____ ที่ขั้วลบ, และ _____ ที่ขั้วบวก ไม่ได้กาซ H_2 และ O_2 เหมือนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ทั้งที่มีน้ำอยู่ในเซลอิเลกโตรไลต์เหมือนกัน

โลหะทองแดง (Cu) กาซ Cl_2	239. จากการใช้ค่า E° อธิบายปฏิกิริยาการแยกสารเคมีด้วยไฟฟ้า พบว่า ไม่สามารถอธิบาย หรือคาดคะเนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เสมอไป ทั้งนี้ เพราะยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาอีกมาก
	240. สารละลาย Na_2SO_4 ประกอบด้วย Na^+ อิออน SO_4^{2-} อิออน และ H_2O เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลาย Na_2SO_4 จะเกิดขบวนการอิเลกโตรไลซิส หรือการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า ที่ขั้วบวก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน SO_4^{2-} หรือ H_2O จะให้อิเลกตรอนแก่ขั้วบวก ปฏิกิริยาครึ่งเซล และค่า E° ที่เกี่ยวข้องคือ $O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \longrightarrow 2H_2O \quad E^\circ = +1.23$ โวลต์ $S_2O_8^{2-} + 2\bar{e} \longrightarrow 2SO_4^{2-} \quad E^\circ = +2.01$ โวลต์ เมื่อพิจารณาศักย์ไฟฟ้าของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยารีดักชันเหล่านี้ คาดคะเนได้ว่า จะเกิดปฏิกิริยา ดังสมการ _____ ได้ _____ ที่ขั้วบวก

$2H_2O \longrightarrow$ $O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$ กาซ O_2	241. ขบวนการอิเลกโตรไลซิส หรือการแยกสารละลาย Na_2SO_4 หรือ H_2O ด้วยไฟฟ้า ที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน โดย Na^+ รับอิเลกตรอนจากขั้วลบ ปฏิกิริยาครึ่งเซล และค่า E° ที่เกี่ยวข้อง คือ $2H_2O + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ $E^\circ = -0.83$ โวลต์ $Na^+ + \bar{e} \longrightarrow Na$ $E^\circ = -2.71$ โวลต์ ดังนั้น ที่ขั้วลบ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เขียนเป็นสมการ ดังนี้ _____ ได้ _____
$2H_2O + 2\bar{e} \longrightarrow$ $H_2 + 2OH^-$ กาซ H_2	242. ขบวนการอิเลกโตรไลซิส หรือการแยกสลายสารละลาย Na_2SO_4 ด้วยไฟฟ้า เกิดปฏิกิริยา ดังนี้ ที่ขั้วบวก $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$ ที่ขั้วลบ $4H_2O + 4\bar{e} \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$ $2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$ นั่นคือ การแยกสลายสารละลาย Na_2SO_4 ด้วยไฟฟ้า จะได้ _____ที่ขั้วบวก _____ ที่ขั้วลบ

- กาซ O_2 - กาซ H_2	243. ในเซลอิเลกโตรไลต์ ที่มีสารละลาย $CuCl_2$ เป็นอิเลกโตรไลต์ ใช้แท่งคาร์บอนและแผ่นทองแดงเป็นขั้วไฟฟ้าต่อเข้ากับแบตเตอรี่ให้ครบวงจร <u>นำแผ่นทองแดงต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ นำแท่งคาร์บอนต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่</u> เซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย $CuCl_2$ นี้มี _____ เป็นขั้วบวก _____ เป็นขั้วลบ
ทองแดง แท่งคาร์บอน	244. เซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย $CuCl_2$ มีทองแดงเป็นขั้วบวก แท่งคาร์บอนเป็นขั้วลบ ในสารละลาย $CuCl_2$ มี Cu^{2+} อิออน กับ Cl^- อิออน เมื่อต่อเซลครบวงจรแล้ว Cl^- อิออนจะเคลื่อนที่ไปที่ทองแดง (ขั้วบวก) เพื่อให้อิเลกตรอน แล้วเกิดกาซ Cl_2 ขึ้น ดังสมการ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$ แต่ทองแดงซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าชนิดที่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาได้อาจเกิดออกซิเดชันได้เช่นกัน จากการพิจารณาปฏิกิริยาครึ่งเซล และค่า E° $Cl_2 + 2\bar{e} \longrightarrow 2Cl^-$ $E^\circ = +1.36$ โวลต์ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ $E^\circ = +0.34$ โวลต์ _____ <u>เสียอิเลกตรอนได้ดีกว่า</u> _____

ทองแดง (Cu) Cl^- อิออน	245. ที่ทองแดง (ขั้วบวก) Cl^- อิออน ควรจะไปเสียอิเลกตรอนให้ขั้วบวกแล้วเกิดกาซ Cl_2 แต่เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเสียอิเลกตรอนของ Cl^- อิออน กับทองแดงที่เป็นขั้วไฟฟ้าแล้ว ปรากฏว่า ทองแดงเสียอิเลกตรอนได้ดีกว่า Cl^- อิออน ดังนั้น ที่ขั้วบวกจะเกิดปฏิกิริยา $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\bar{e}$ โดย <u>ทองแดงจะสึกกร่อนเป็น Cu^{2+} อิออน ลงในสารละลาย</u> สรุปได้ว่า ที่แท่งทองแดง ซึ่งเป็นขั้วบวก มีการเปลี่ยนแปลง คือ _____
ทองแดงจะสึกกร่อนเป็น Cu^{2+} อิออน ลงในสารละลาย	246. ที่แท่งคาร์บอน ซึ่งเป็นขั้วลบ ของเซลอิเลกโตรไลต์ สารละลาย $CuCl_2$ <u>Cu^{2+} อิออน ในสารละลายจะไปรับอิเลกตรอนที่ขั้วลบ กลายเป็นโลหะทองแดง เกาะที่แท่งคาร์บอน</u> เป็นปฏิกิริยารีดักชัน ดังสมการ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ ดังนั้น ที่แท่งคาร์บอน มีการเปลี่ยนแปลง คือ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีโลหะทองแดงมาเกาะ	247. ในเซลอิเลกโตรไลต์ของสารละลาย $CuCl_2$ ที่ทองแดงเป็นขั้วบวก คาร์บอน เป็นขั้วลบ เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนี้ ที่ขั้วบวก _____ ที่ขั้วลบ _____
ทองแดงสึกกร่อนเพราะเสียอิเลกตรอนกลายเป็น Cu^{2+} อิออน, มีโลหะทองแดงมาเกาะที่แท่งคาร์บอน	248. ในเซลอิเลกโตรไลต์ของสารละลาย $CuCl_2$ ที่มีทองแดงเป็นขั้วบวก คาร์บอน เป็นขั้วลบ คาโธด ได้แก่ _____ อาโนด ได้แก่ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แท่งคาร์บอน ทองแดง

249.

ถ้าสลับขั้วไฟฟ้าของเซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย $CuCl_2$ โดยให้ทองแดงต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ คาร์บอนต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่

ทองแดง เป็นขั้วลบ คาร์บอน เป็นขั้วบวก

<u>ที่แผ่นทองแดง ซึ่งเป็นขั้วลบ</u>

Cu^{2+} อิออนในสารละลายจะ _____

เกิดเป็น _____

<u>ที่แท่งคาร์บอน ซึ่งเป็นขั้วบวก</u>

Cl^- อิออน ในสารละลาย _____

เกิดเป็น _____

รับอิเลกตรอน (จากขั้วลบ) โลหะทองแดง ให้อิเลกตรอน (แก่ขั้วบวก) กาซ Cl_2

250.

สรุปปฏิกิริยาในเซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย $CuCl_2$ ที่ใช้ขั้วไฟฟ้าเป็นคาร์บอนทั้งคู่ กับที่ใช้คาร์บอนและโลหะทองแดง เป็นขั้วไฟฟ้า

สารที่เป็นขั้วบวก	สารที่เป็นขั้วลบ	ผลที่ขั้วบวก	ผลที่ขั้วลบ
คาร์บอน	คาร์บอน	กาซ Cl_2	Cu เกาะที่คาร์บอน
ทองแดง	คาร์บอน	Cu กร่อนไป	Cu เกาะที่คาร์บอน
คาร์บอน	ทองแดง	กาซ Cl_2	Cu เกาะที่ทองแดง

ถ้าต้องการให้มีโลหะทองแดงมาเกาะที่แท่งทองแดง ต้องจัดวงจรโดยให้_____เป็นขั้วลบ_____เป็นขั้วบวก

ทองแดง คาร์บอน	251. ถ้าต้องการให้มีโลหะทองแดงมาเกาะที่แท่งทองแดง ต้องจัดวงจรในเซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย $CuCl_2$ ให้ทองแดงเป็นขั้วลบ คาร์บอนเป็นขั้วบวก ปฏิกิริยาครึ่งเซลมีดังนี้ ที่ขั้วบวก _____ ที่ขั้วลบ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

252.

<u>เปรียบเทียบเซลอิเลกโตรไลต์กับเซลไฟฟ้าเคมี</u>

พบข้อแตกต่างกันในด้านการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในเซล ดังนี้

เซลไฟฟ้าเคมี พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า <u>ส่วนเซลอิเลกโตรไลต์</u>นั้น พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างในด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชันที่ขั้วไฟฟ้า ดังนี้

<u>เซลไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดที่ขั้วลบ ปฏิกิริยารีดักชันเกิดที่ขั้วบวก</u> เพราะว่า ขั้วลบ เป็นขั้วที่อิเลกตรอนเคลื่อนที่ออก ขั้วบวกเป็นขั้วที่อิเลกตรอนเคลื่อนเข้าหา <u>ส่วนเซลอิเลกโตรไลต์ นั้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดที่ขั้วบวก ปฏิกิริยารีดักชันเกิดที่ขั้วลบ</u> ทั้งนี้ เพราะ อิออนลบในสารละลายอิเลกโตรไลต์ จะ<u>ให้อิเลกตรอน</u>แก่ขั้วบวก อิออนบวกในสารละลายอิเลกโตรไลต์จะ<u>รับอิเลกตรอน</u>จากขั้วลบ

เขียนตารางเปรียบเทียบ ได้ดังนี้

	การเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ชนิดของปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า
เซลไฟฟ้าเคมี	1. _____ _____	2. _____ _____
เซลอิเลกโตร-ไลต์	3. _____ _____	4. _____ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
2. ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดที่ขั้วลบ ปฏิกิริยารีดักชัน เกิดที่ขั้วบวก
3. พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี
4. ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดที่ขั้วบวก ปฏิกิริยารีดักชัน เกิดที่ขั้วลบ

253.

การแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้า เป็นขบวนการอิเลกโตรไลซิส ที่ใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดเฉื่อย ซึ่งไม่ได้มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชัน เช่น คาร์บอน ปลาตินัม กราไฟต์

ถ้าเราใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดที่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชันกับเซลอิเลกโตรไลต์ จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าขึ้น

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเซลอิเลกโตรไลต์ที่ใช้ _____

_____

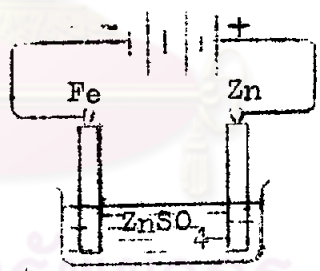
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้วไฟฟ้าชนิดที่มีส่วนรวมในปฏิกิริยาออก–ซิเดชั่น–รีดักชั่น	254. ตัวอย่างเซลอิเลกโตรไลต์ที่เกิดจากการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า ได้แก่ เซลอิเลกโตรไลต์สารละลาย $CuCl_2$ ที่มีแผ่นทอง–แดงต่อเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเซล ที่<u>ขั้วบวก</u> เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น แผ่นทองแดงที่เป็นขั้วไฟฟ้าจะเสียอิเลกตรอน กลายเป็น Cu^{2+} อิออนอยู่ในสารละลายแทนการเกิดกาซ Cl_2 กับขั้วไฟฟ้าคาร์บอนดังสมการ $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\bar{e}$ ที่<u>ขั้วลบ</u> เกิดปฏิกิริยารีดักชัน Cu^{2+} อิออนไปรับอิเลกตรอนจากขั้วลบ กลายเป็นอะตอมทองแดง ดังสมการ $Cu^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$ เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป ทองแดงที่ขั้วบวก_____ _____ และที่ขั้วลบมี_____ _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สีกกร่อน, มีโลหะทองแดงมาเกาะ	255. เนื่องจากปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นที่ขั้วลบ โดยที่อิออนของโลหะจากสารละลายมารับอิเลกตรอนจากขั้วลบ เกิดเป็นโลหะเกาะอยู่ที่ขั้วลบ ถ้าต้องการให้โลหะทองแดงมาเกาะที่ขั้วลบอาจใช้โลหะอื่นเป็นขั้วลบในเซลอิเลกโตรไลต์ก็ได้ เช่น ใช้เหล็กเป็นขั้วลบ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป โลหะทองแดงก็จะมาเกาะที่เหล็ก เกิดการชุบโลหะโดยใช้กระแสไฟฟ้าขึ้น ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โลหะที่เราต้องการให้โลหะอื่นมาเกาะต้องเป็น ในเซลอิเลกโตรไลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้วลบ	256. เราสามารถชุบสิ่งต่าง ๆ ด้วยโลหะเงิน ทอง ทองแดง สังกะสี หรือโครเมียมได้ อย่างไรก็ดี การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ต้องใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับชนิดของโลหะ จึงจะได้ผลดี ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ต้องคำนึงถึง _____
ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับชนิดของโลหะ	257. ตัวอย่างการชุบเหล็กด้วยสังกะสี เซลอิเลกโตรไลต์ที่ใช้ประกอบด้วยสารละลาย $ZnSO_4$ เป็นอิเลกโตรไลต์ มีเหล็กและสังกะสีเป็นขั้วไฟฟ้า ต่อแท่งเหล็กกับขั้วลบของแบตเตอร์ ดังรูป  เมื่อเซลอิเลกโตรไลต์ครบวงจรแล้ว ปรากฏว่า แผ่นสังกะสี ซึ่งเป็นขั้วบวกกร่อนไป เพราะสังกะสีเสียอิเลกตรอน กลายเป็น Zn^{2+} อิออน ลงในสารละลาย แท่งเหล็ก ซึ่งเป็นขั้วลบนั้น Zn^{2+} อิออนในสารละลายมารับอิเลกตรอน กลายเป็นโลหะสังกะสีเกาะอยู่ เป็นการชุบแท่งเหล็กด้วยสังกะสี โดยใช้ไฟฟ้า การชุบเหล็กด้วยสังกะสี โดยใช้ไฟฟ้า มีขบวนการเกิดปฏิกิริยา ดังนี้ โลหะสังกะสีจากขั้วบวก _____ Zn^{2+} อิออนในสารละลาย _____

จะกร่อนไปกลาย เป็น Zn^{2+} อิออน, รับอิเลกตรอน กลายเป็นโลหะ สังกะสีเกาะอยู่ที่ แท่งเหล็ก	258 หลักการชุบโลหะโดยอาศัยไฟฟ้า ดังนี้ 1. โลหะที่ต้องการชุบ เป็นขั้วลบ 2. จะชุบด้วยโลหะใด ให้ใช้โลหะนั้นเป็นขั้วบวก 3. อิเลกโตรไลต์ ต้องเป็นอิออนของโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่เป็นขั้วบวก 4. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ซึ่งเป็นไฟกระแสตรง ในการชุบโลหะ โดยอาศัยไฟฟ้า โลหะที่ต้องการชุบเป็น_____จะชุบด้วยโลหะใดให้ใช้โลหะนั้นเป็น_____ อิเลกโตรไลส์ เป็น_____ กระแสไฟฟ้าที่ใช้เป็น_____
ขั้วลบ, ขั้วบวก, อิออนของโลหะ ชนิดเดียวกับโลหะ ที่เป็นขั้วบวก, ไฟฟ้ากระแสตรง	259 ในการชุบแท่งเหล็กด้วยสังกะสีโดยใช้ไฟฟ้าให้_____เป็นขั้วลบ_____เป็นขั้วบวก อิเลกโตรไลส์ คือ_____ต่อวงจรเข้ากับแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

แท่งเหล็ก, สังกะสี, $ZnSO_4$	260. จากหลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า อาจชุบของใช้ประเภทโลหะบางชนิดให้สวยงามได้ เช่น เครื่องตบแต่งรถยนต์มักชุบด้วยโครเมียม ของใช้ในบ้าน พวกช้อน ส้อม ถาด ขัน ชุดน้ำชา ชุบด้วยเงิน เพื่อให้น่าใช้ เครื่องประดับของสตรีชุบด้วยเงินหรือทอง นอกจากจะชุบโลหะให้ดูสวยงามแล้ว อาจทำการชุบโลหะเพื่อป้องกันการผุกร่อน เช่น เหล็กเป็นสนิมและผุกร่อนได้ง่ายถ้าทิ้งไว้ในอากาศ นำเหล็กมาชุบด้วยสังกะสี สังกะสีจะห่อหุ้มเหล็กไว้ไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนและความชื้น เหล็กจึงไม่ผุกร่อน ประโยชน์ของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า คือ 1. _____ 2. _____
ชุบโลหะให้ดูสวยงาม, ชุบโลหะเพื่อป้องกันการผุกร่อน	261. ขบวนการอิเลกโตรไลซิส หรือการแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้านี้ อาจใช้เป็นวิธีเตรียมสารได้ เพราะว่า ขบวนการอิเลกโตรไลซิสก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น อิเลกโตรไลซิสน้ำ เป็นการเตรียมกาซไฮโดรเจน(H_2) และกาซออกซิเจน (O_2) ประโยชน์ของขบวนการอิเลกโตรไลซิส คือ _____

ใช้เป็นวิธีเตรียมสาร	262. นอกจากจะใช้ขบวนการอิเลกโตรไลซิสเป็นวิธีเตรียมสารแล้ว ยังใช้ในการทำสารให้บริสุทธิ์ได้ เช่น ทำทองแดงบริสุทธิ์จากทองแดงไม่บริสุทธิ์ ใช้วิธีอิเลกโตร-ไลซิส โดยเอาทองแดงที่ถลุงแล้ว แต่ไม่บริสุทธินักมาเป็นขั้วบวก และใช้แผ่นทองแดงบริสุทธิ์บาง ๆ เป็นขั้วลบ มีสารละลาย $CuSO_4$ เป็นอิเลกโตรไลต์ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป ทองแดงที่ขั้วบวกจะละลายเป็นอิออนในสารละลายไปเกาะทองแดงบริสุทธิ์ที่ขั้วลบ ส่วนธาตุอื่นที่เจือปนอยู่ในทองแดงที่ไม่บริสุทธิ์ จะไม่ถูกออกซิไดส์ และหลุดไปอยู่ที่ก้นภาชนะ เซลอิเลกโตรไลต์ ที่ใช้ในการทำทองแดงให้บริสุทธิ์ ประกอบด้วย _____เป็นขั้วบวก _____เป็นขั้วลบ _____ เป็นอิเลกโตรไลต์
ทองแดงไม่บริสุทธิ์, ทองแดงบริสุทธิ์, สารละลาย $CuSO_4$	263. ประโยชน์ของขบวนการอิเลกโตรไลซิส มีคือ 1. _____ 2. _____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.ใช้เป็นวิธีเตรียมสาร 2.ใช้ในการทำสารให้บริสุทธิ์	264. เซลเชื้อเพลิง เป็น เซลไฟฟ้าเคมีแบบหนึ่ง เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ให้พลังงานไฟฟ้าออกมา เซลไฟฟ้าเคมี ที่ให้พลังงานไฟฟ้า จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจน คือ _____
เซลเชื้อเพลิง	265. กระแสไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ตามบ้าน และโรงงานอุตสาหกรรม ได้มาจากปฏิกิริยาสันดาปถ่านหิน น้ำมัน กาซธรรมชาติ ได้พลังงานความร้อนต้มน้ำได้ไอน้ำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา นับเป็นการเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าทางอ้อม ซึ่งจะต้องสูญเสียพลังงานกลายเป็นรูปอื่นไปเป็นจำนวนมาก แต่การผลิตกระแสไฟฟ้าจากการออกซิไดส์เชื้อเพลิงโดยตรง ในเซลไฟฟ้าเคมีจะได้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า และไม่สูญเสียพลังงานเป็นรูปอื่นมากนัก การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลไฟฟ้าเคมี มีประสิทธิภาพ _____ การใช้ปฏิกิริยาสันดาปธรรมดา

สูงกว่า	266. เซลเชื้อเพลิง ประกอบด้วย กาซออกซิเจนกับสารที่เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ มีขั้วไฟฟ้าเฉื่อย 2 ขั้ว ขณะที่ได้พลังงานไฟฟ้าจากเซล ยังสามารถเติมเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาได้ต่อเนื่องกัน เซลจึงทำงานได้ต่อเนื่องตราบเท่าที่มีเชื้อเพลิงบรรจุเข้าไป เซลเชื้อเพลิง ประกอบด้วย _____ _____
กาซออกซิเจนกับสารที่เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ, ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย 2 ขั้ว	267. เซลเชื้อเพลิง ต่างจากเซลไฟฟ้าเคมี ตรงที่ในเซลไฟฟ้าเคมีนั้น สารเข้าทำปฏิกิริยาเป็นส่วนหนึ่งของเซลอยู่แล้ว แต่สำหรับเซลเชื้อเพลิง จะต้องป้อนสารทำปฏิกิริยาเข้าสู่เซลตลอดเวลา ตราบใดที่ยังป้อนสารเข้าทำปฏิกิริยาเข้าสู่เซล เซลจะทำงานได้ต่อเนื่องกัน เซลเชื้อเพลิง ต่างจากเซลไฟฟ้าเคมี ดังนี้ _____ สารเข้าทำปฏิกิริยาเป็นส่วนหนึ่งของเซล _____ ต้องป้อนสารทำปฏิกิริยาเข้าสู่เซลตลอด-- เวลา

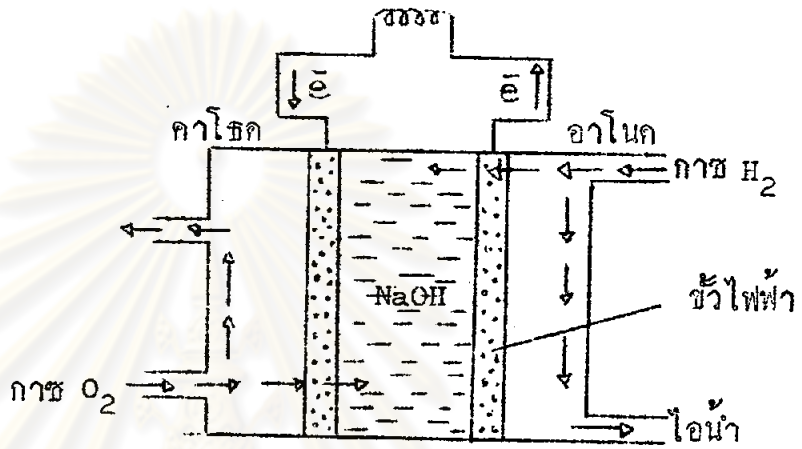
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เซลไฟฟ้าเคมี เซลเชื้อเพลิง	268 ตัวอย่างเซลเชื้อเพลิงแบบหนึ่ง คือ เซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน ใช้กาซไฮโดรเจนและออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากันได้น้ำและพลังงานไฟฟ้า ดังสมการ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O +$ พลังงาน เซลเชื้อเพลิง ประกอบด้วย กาซออกซิเจนกับสารที่เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ ในเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน มี_____ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กาซไฮโดรเจน	269.

ส่วนประกอบของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน



แผนผังแสดงส่วนประกอบของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน

มีขั้วไฟฟ้าทำด้วยแท่งคาร์บอน ที่เป็นรูพรุน 2 แท่ง เพื่อให้กาซไฮโดรเจนและออกซิเจนซึมลอดจนไอน้ำซึมผ่านได้ ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจุ่มอยู่ในสารละลาย NaOH ภายในเซลมีการควบคุมความดัน เพื่อให้กาซออกซิเจนและไฮโดรเจนผ่านเข้าไปยังสารละลายอิเลกโตรไลต์ แต่ไม่ให้สารละลายอิเลกโตรไลต์ไหลซึมออกมา คะตะไลส์ที่ใช้เพื่อช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ปลาตินัม ปาลาเดียม หรือเงินผสมกับคาร์บอนแล้วอัดเป็นแท่ง

เซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน มี_____ เป็นอิเลกโตรไลต์ ขั้วไฟฟ้า เป็นแท่งคาร์บอนที่ผสมกับคะตะไลส์มีลักษณะ_____เพื่อให้_____และ_____ลอดจนไอน้ำซึมผ่านได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NaOH, เป็นรูพรุน, กาซไฮโดรเจน, กาซออกซิเจน,	270. เมื่อผ่านกาซไฮโดรเจนเข้าทางอาโนด กาซออกซิเจนเข้าทางคาโธด ดังแผนผังแสดงส่วนประกอบของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจนในกรอบ 269 เขียนปฏิกิริยาครึ่งเซลแสดงได้ดังนี้ ที่อาโนด $2H_2 + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O + 4e^-$ ที่คาโธด $2O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 2HO_2^- + 2OH^-$ ปฏิกิริยาของเซล $2H_2 + 2O_2 + 2OH^- \longrightarrow 2HO_2^- + 2H_2O$ + พลังงาน ปฏิกิริยารวมของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจนคือ
$2H_2+2O_2+2OH^- \longrightarrow 2HO_2^-+2H_2O$ + พลังงาน	271. ปฏิกิริยารวมของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน เป็น $2H_2+2O_2+2OH^- \longrightarrow 2HO_2^-+2H_2O$ + พลังงาน แต่ HO_2^- เป็นอิออนลบที่สลายตัวได้ง่ายดังนี้ $2HO_2^- \longrightarrow O_2 + 2OH^-$ ดังนั้น ปฏิกิริยาสุทธิ เป็น $2H_2+2O_2+2OH^- \longrightarrow 2HO_2^-+2H_2O$ + พลังงาน $2HO_2^- \longrightarrow O_2 + 2OH^-$ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ + พลังงาน ปฏิกิริยาสุทธิของเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน คือ

$2H_2+O_2 \longrightarrow 2H_2O$ + พลังงาน	272. ปฏิกิริยา $2H_2+O_2 \longrightarrow 2H_2O$ + พลังงาน จะเกิดขึ้นทันที ให้กระแสไฟฟ้าและมีไอน้ำออกมา ถ้าทำให้เย็นลง ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน เป็นเซลเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานอวกาศเยมินีและอะพอลโล แต่ขั้วไฟฟ้าทำด้วยติเตเนียมฉาบปลาตินัม เซลมีขนาดหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ต่อเป็นแบตเตอรี่ให้กำลังงานสูง 2 กิโลวัตต์ <u>น้ำจากเซลเชื้อเพลิงยังใช้เป็นน้ำดื่มของนักบินอวกาศด้วย</u> ผลพลอยได้จากเซลเชื้อเพลิงไฮโดรเจน–ออกซิเจน ที่ใช้ในยานอวกาศ คือ _____
น้ำดื่มของนักบินอวกาศ	273. ในระยะสิบปีที่ผ่านมา ได้มีการค้นคว้าและพัฒนาเซลเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น มีการสร้างเซลให้ได้กำลังงานมากที่สุด และมีขนาดเล็กที่สุด นอกจากนี้ ยังมีการทดลองใช้เซลเชื้อเพลิงแบบอื่นกับรถยนต์ ซึ่งถ้าทำได้สำเร็จจะสามารถแก้ปัญหาอากาศเสียจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในรถยนต์ได้ เซลเชื้อเพลิง เป็น เซลไฟฟ้าเคมีแบบหนึ่งที่ได้รับความสนใจ และมีการวิจัยอย่างกว้างขวาง

	274. ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เป็นเรื่องราวว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า และว่าด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เรื่องราวทั้งสองอย่างนี้เป็นสิ่งที่ตรงข้ามกัน แต่อาศัยหลักการพื้นฐานอันเดียวกัน เซลไฟฟ้าเคมี และเซลอิเลกโตรไลต์ เป็นเซลที่เกิด _____
ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี	275. ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอน หรือปฏิกิริยาออก-ซิเดชัน-รีดักชัน ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในสารละลายอิเลกโตร-ไลต์ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ในปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คือ _____ หรือ _____ ซึ่งเกิดขึ้นใน _____
ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลกตรอน, ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน, สารละลายอิเลกโตรไลต์	276. ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี คือ _____ _____ _____ นอกจากนี้ ยังเป็นปฏิกิริยาที่มี _____

เรื่องราวว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า และว่าด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี การถ่ายเทอิเลก-ตรอน	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบที่นำมาใช้ในการวิจัย

ข้อที่	P_L	P_H	p	r
1	.07	.96	.53	.85
2	.33	.96	.69	.70
3	.15	.93	.56	.76
4	.22	.89	.57	.67
5	.11	.74	.41	.64
6	.37	.89	.65	.56
7	.00	1.00	.50	.93
8	.30	1.00	.72	.80
9	.30	.93	.65	.66
10	.15	.70	.41	.56
11	.44	1.00	.78	.75
12	.48	.96	.76	.62
13	.22	.82	.52	.59
14	.15	.67	.40	.53
15	.15	.96	.59	.80
16	.07	.67	.34	.65
17	.44	1.00	.78	.75
18	.26	.96	.66	.74
19	.07	.82	.42	.74
20	.41	1.00	.77	.76

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อที่	P_L	P_H	p	r
21	.30	.96	.68	.72
22	.63	.82	.73	.23
23	.11	.48	.28	.44
24	.11	.89	.50	.75
25.	.07	.59	.30	.59
26	.52	.85	.70	.38
27	.07	.82	.42	.74
28	.37	.93	.68	.62
29	.37	1.00	.75	.78
30	.41	.82	.62	.43
31	.30	.63	.46	.34
32	.04	.93	.47	.85
33	.22	.89	.57	.67
34	.26	.56	.41	.31
35	.04	.52	.24	.62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ตารางแสดงข้อมูลในการหาตัวกลางเลขคณิตของคะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบก่อนนำมาใช้กับการวิจัย

x	f	fx	x^2	fx^2
5	3	15	25	75
6	1	6	36	36
7	4	28	49	196
8	4	32	64	256
9	3	27	81	243
10	8	80	100	800
11	2	22	121	242
12	1	12	144	144
13	3	39	169	507
14	3	42	196	588
15	4	60	225	900
16	5	80	256	1280
17	4	68	289	1156
18	3	54	324	972
19	6	114	361	2166
20	2	40	400	800
21	3	63	441	1323
22	3	66	484	1452
23	2	46	529	1058
24	1	24	576	576
25	3	75	625	1875
26	3	78	676	2028
27	2	54	729	1458
28	7	196	784	5488
29	7	203	841	5887
30	8	240	900	7200
31	2	62	961	1922
32	3	96	1024	3072
	$\Sigma f = 100$	$\Sigma fx = 1922$		$\Sigma fx^2 = 43700$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลในตารางที่ 2 หาตัวกลางเลขคณิตของคะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบได้ดังนี้

ก. หาตัวกลางเลขคณิต

จากสูตร $\bar{X} = \frac{\Sigma fx}{N}$

$= \frac{1922}{100}$

$= 19.22$

ข. หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบ

จากสูตร $S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma fx^2}{N} - \left(\frac{\Sigma fx}{N}\right)^2}$

$= \sqrt{\frac{43700}{100} - \left(\frac{1922}{100}\right)^2}$

$= \sqrt{437 - (19.22)^2}$

$= \sqrt{437 - 369.4084}$

$= \sqrt{67.5916}$

$= 8.2214$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามนำมาใช้ในการวิจัย

จากสูตร $r_{KR21} = \frac{n}{n-1}\left(1-\frac{M(n-M)}{n(S.D)^2}\right)$

$M = 19.22$ (จากตารางที่ 2)

$(S.D)^2 = 67.5916$ (จากตารางที่ 2)

$n = 35$

$$r_{KR21} = \frac{35}{35-1}\left(1-\frac{19.22(35-19.22)}{35(67.5916)}\right)$$

$$= \frac{35}{34}\left(1-\frac{19.22(15.78)}{2365.706}\right)$$

$$= \frac{35}{34}\left(\frac{2365.706-303.2916}{2365.706}\right)$$

$$= \frac{35}{34}\left(\frac{2062.4144}{2365.706}\right)$$

$$= \frac{35}{34}(0.8717965)$$

$$= 0.8974375$$

$$= 0.89$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ตารางแสดงข้อมูลในการหาตัวกลางเลขคณิตของคะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบ จากผลการทดลองภาคสนาม

x	f	fx	x^2	fx^2
21	5	105	441	2205
22	3	66	484	1452
23	6	138	529	3174
24	6	144	576	3456
25	9	225	625	5625
26	9	234	676	6084
27	3	81	729	2187
28	9	252	784	7056
29	8	232	841	6728
30	5	150	900	4500
31	2	62	961	1922
32	11	352	1024	11264
33	5	165	1089	5445
34	9	306	1156	10404
35	10	350	1225	12250
	$\Sigma f = 100$	$\Sigma fx = 2862$		$\Sigma fx^2 = 83752$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลในตารางที่ 3 หาตัวกลางเลขคณิตของคะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบได้ดังนี้

ก. หาตัวกลางเลขคณิต

จากสูตร $\bar{X} = \frac{\sum fx}{N}$

$= \frac{2862}{100}$

$= 28.62$

ข. หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบ

จากสูตร $S.D. = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{N} - \left(\frac{\sum fx}{N}\right)^2}$

$= \sqrt{\frac{83752}{100} - \left(\frac{2862}{100}\right)^2}$

$= \sqrt{837.52 - (28.62)^2}$

$= \sqrt{837.52 - 819.1044}$

$= \sqrt{18.4156}$

$= 4.291$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบจากผลการทดลองภาคสนาม

จากสูตร $r_{KR21} = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{M(n-M)}{n(S.D.)^2}\right)$

$M = 28.62$ (จากตารางที่ 3)

$(S.D.)^2 = 18.4156$ (จากตารางที่ 3)

$n = 35$

$$r_{KR21} = \frac{35}{35-1}\left(1 - \frac{28.62(35-28.62)}{35(18.4156)}\right)$$

$$= \frac{35}{34}\left(1 - \frac{28.62(6.38)}{644.546}\right)$$

$$= \frac{35}{34}\left(\frac{644.546-182.5956}{644.546}\right)$$

$$= \frac{35}{34}\left(\frac{461.9504}{644.546}\right)$$

$$= \frac{35}{34}(0.7167066)$$

$$= 0.7377862$$

$$= 0.74$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการทดลองใช้บทเรียนแบบโปรแกรมขั้นกลุ่มเล็ก

นักเรียน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า	คะแนนคำตอบบทเรียนที่ถูกต้อง	เวลาที่ใช้ทำบทเรียน	
	%	%	%	%	ช.ม.	นาที
1	28.57	91.43	62.85	93.01	7	15
2	28.57	80.00	51.43	90.44	7	30
3	45.71	85.71	40.00	92.77	5	30
4	31.43	74.28	42.85	94.64	7	20
5	28.57	82.85	54.28	90.44	9	5
6	42.85	82.85	40.00	95.57	5	50
7	40.00	68.57	28.57	96.74	6	25
8	48.57	77.14	40.00	96.74	7	58
9	14.28	80.00	65.71	88.81	8	15
10	40.00	77.14	37.14	93.47	7	55
รวม	348.55	799.97	462.83	932.63	73	3
เฉลี่ย	34.85	79.99	46.28	93.26	7	18

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบคะแนนจากการทดสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

นักเรียน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน X_2	$D = X_2 - X_1$	D^2	คะแนนคำตอบบทเรียนที่ถูกต้อง
1	16	32	16	256	357
2	12	27	15	225	378
3	15	28	13	169	376
4	19	29	10	100	397
5	22	29	7	49	381
6	15	35	20	400	393
7	15	25	10	100	419
8	13	23	10	100	411
9	17	31	14	196	407
10	17	27	10	100	367
11	20	35	15	225	395
12	19	34	15	225	391
13	13	23	10	100	421
14	17	26	9	81	387
15	16	24	8	64	406
16	11	25	14	196	395
17	15	26	11	121	380
18	19	28	9	81	397
19	20	29	9	81	380

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 (ต่อ)

นักเรียน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน X_2	$D = X_2 - X_1$	D^2	คะแนนคำตอบบทเรียนที่ถูกต้อง
20	20	33	13	169	404
21	16	23	7	49	388
22	17	29	12	144	410
23	14	32	18	324	402
24	19	33	14	196	422
25	15	24	9	81	407
26	18	25	7	49	417
27	15	32	17	289	421
28	16	33	17	289	408
29	20	27	7	49	395
30	20	28	8	64	421
31	15	23	8	64	411
32	19	34	15	225	402
33	14	24	10	100	352
34	19	26	7	49	356
35	23	35	12	144	410
36	16	28	12	144	387
37	18	25	7	49	394
38	13	21	8	64	392
39	13	24	11	121	414

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 (ต่อ)

นักเรียน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน X_2	$D = X_2 - X_1$	D^2	คะแนนคำตอบบทเรียนที่ถูกต้อง
40	15	29	14	196	403
41	18	28	10	100	378
42	19	34	15	225	414
43	10	26	16	256	387
44	14	28	14	196	398
45	13	26	13	169	400
46	19	35	16	256	405
47	15	22	7	49	408
48	22	35	13	169	393
49	19	29	10	100	367
50	11	21	10	100	398
51	20	34	14	196	404
52	18	32	14	196	378
53	16	34	18	324	397
54	20	35	15	225	397
55	10	28	18	324	413
56	18	35	17	289	387
57	18	29	11	121	400
58	21	31	10	100	405
59	20	28	8	64	386

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 (ต่อ)

นักเรียน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน X_2	$D= X_2-X_1$	D^2	คะแนนคำตอบบทเรียนที่ถูกต้อง
60	20	32	12	144	398
61	17	26	9	81	411
62	14	26	12	144	385
63	12	21	9	81	387
64	17	32	15	225	396
65	14	21	7	49	373
66	12	24	12	144	383
67	16	25	9	81	384
68	20	32	12	144	417
69	13	26	13	169	410
70	15	30	15	225	411
71	25	34	9	81	417
72	13	25	12	144	393
73	18	34	16	256	396
74	19	33	14	196	417
75	15	23	8	64	411
76	13	21	8	64	410
77	18	25	7	49	357
78	12	23	11	121	413
79	16	32	16	256	388
80	17	32	15	225	406

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 (ต่อ)

นักเรียน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน X_2	$D= X_2-X_1$	D^2	คะแนนคำตอบบทเรียนที่ถูกต้อง
81	13	30	17	289	381
82	14	28	14	196	370
83	15	22	7	49	401
84	21	35	14	196	422
85	13	35	22	484	399
86	14	26	12	144	398
87	15	25	10	100	420
88	15	25	10	100	403
89	22	32	10	100	397
90	18	30	12	144	413
91	15	22	7	49	352
92	18	30	12	144	410
93	14	24	10	100	406
94	16	29	13	169	402
95	23	33	10	100	404
96	10	30	20	400	415
97	14	35	21	441	411
98	17	34	17	289	413
99	17	32	15	225	388
100	20	34	14	196	410
รวม	1647	2862	1215	16045	39752
เฉลี่ย	16.47	28.62			397.52
เฉลี่ยร้อยละ	47.057	81.77			92.8785

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดที่มาของสูตร $t = \dfrac{\sum D}{\sqrt{\dfrac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$

จากสูตร[1] $t = \dfrac{\bar{X}_D - 0}{\hat{\sigma}_{\bar{X}_D}}$

เมื่อ $\bar{X}_D$ = ตัวกลางเลขคณิตของผลต่างของคะแนน[2] = $\dfrac{\sum D}{N}$

$\hat{\sigma}_{\bar{X}_D}$ = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวกลางเลขคณิตของผลต่างของคะแนน[3]

$= \dfrac{\hat{\sigma}_D}{\sqrt{N}}$

$\hat{\sigma}_D$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างของคะแนน[4]

$= \sqrt{\dfrac{\sum D^2}{N-1} - \dfrac{(\sum D)^2}{N(N-1)}}$

แทนค่า $t = \dfrac{\dfrac{\sum D}{N}}{\dfrac{\sqrt{\dfrac{\sum D^2}{N-1} - \dfrac{(\sum D)^2}{N(N-1)}}}{\sqrt{N}}}$

---

[1] Frederick E. Croxton and Dudley J. Cowden, Applied General Statistics, 2d ed. (New Delhi : Prentice-Hall of India, 1964), p.656.

[2] Ibid., p. 655.

[3] Ibid.

[4] Ibid.

$$= \frac{\frac{\Sigma D}{N} \cdot \sqrt{N}}{\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N\,(N-1)}}}$$

$$= \frac{\frac{\Sigma D}{N} \cdot \sqrt{N}}{\frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}}$$

$$= \frac{\frac{\Sigma D}{N} \cdot N}{\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}}$$

$$= \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาค่า t เพื่อหาความก้าวหน้าในการเรียนหลังการเรียนบทเรียน

จากผลการทดสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม ได้ข้อมูลเป็นตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในการทำแบบสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน ดังตารางที่ 5 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

นักเรียนจำนวน 100 คน	คะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียน(X_1)	คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียน(X_2)	คะแนนความก้าวหน้า $D=X_2-X_1$	D^2
รวม	1647	2862	1215	16045
เฉลี่ย	16.47	28.62		
เฉลี่ยร้อยละ	47.06	81.77		

สมมติฐาน : คะแนนการทดสอบก่อนและหลังการเรียนบทเรียนไม่แตกต่างกัน

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}}$$

$$= \frac{1215}{\sqrt{\frac{100(16045)-(1215)^2}{100-1}}}$$

$$= \frac{1215}{\sqrt{\frac{1604500-1476225}{99}}}$$

$$= \frac{1215}{\sqrt{\frac{128275}{99}}}$$

$$= \frac{1215}{\sqrt{1295.707}}$$

$$= \frac{1215}{35.9959}$$

$$= 33.75384$$

การวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐาน 90/90

1. มาตรฐาน 90 ตัวแรก

จากสูตร

คะแนนที่นักเรียนทำบทเรียนได้คิดเฉลี่ยร้อยละ $\frac{C}{N} \times \frac{100}{A}$

เมื่อ C = 39752 คะแนน

N = 100 คน

A = 428 คำตอบ

∴ คะแนนที่นักเรียนทำบทเรียนได้คิดเฉลี่ยร้อยละ $\frac{39752}{100} \times \frac{100}{428}$

= 92.878504

= 92.88

2. มาตรฐาน 90 ตัวหลัง

จากสูตร

คะแนนที่นักเรียนทำแบบสอบหลังการเรียนบทเรียนได้คิดเฉลี่ยร้อยละ $\frac{S}{N} \times \frac{100}{T}$

เมื่อ S = 2862 คะแนน

N = 100 คน

T = 35 ข้อ

∴ คะแนนที่นักเรียนทำแบบสอบหลังการเรียนบทเรียนได้คิดเฉลี่ยร้อยละ

$\frac{2862}{100} \times \frac{100}{35}$

= 81.771428

= 81.77

สรุปได้ว่า บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็น 92.88/81.77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุจินต์ เสรีธรณกุล เกิดเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2496 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อพ.ศ.2519

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย